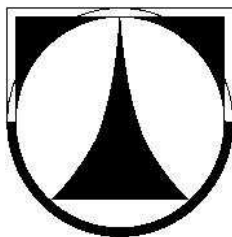


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ

Katedra energetických zařízení



Milan VONDRKA

Tepelné čerpadlo pro rodinný dům
(Heat pump for a family house)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Novotný, CSc.

Rozsah práce:
Počet stran: 50
Počet obrázků: 18
Počet tabulek: 11
Počet příloh: 34

Liberec 2010

Anotace

Pro zadaný rodinný dům byla vypočítána roční potřeba energie pro vytápění a přípravu teplé vody. Jako zdroj tepla je navrženo tepelné čerpadlo. Vytápění tepelným čerpadlem je porovnáno s kotlem na tuhá paliva a elektrickým vytápěním.

Klíčová slova:

- vytápění
- tepelné ztráty
- tepelné čerpadlo
- otopný systém
- ohřev teplé vody
- pořizovací a provozní náklady

Annotation

The yearly energy demand for heating and water heating was specified for the designated family house. A heat pump is projected as a source of energy. Heating by a heat pump is compared with solid fuel boiler and electric heating.

Keywords:

- heating
- heat losses
- heat pump
- heating system
- water heating
- acquisitions and operation costs

Die Annotation

Für das vorgegebene Familienhaus war der Jahresverbrauch der Energie für die Heizung und für das Bereiten des warmen Wasser berechnet. Als die Wärmequelle ist die Wärmepumpe angeboten. Die Wärmepumpeheizung ist mit dem Festkraftstoffkessel und mit der elektrischen Heizung vergleicht.

Die Schlüsselwörter:

- die Heizung
- der Wärmeverluste
- die Wärmepumpe
- die Heizungsanlage
- die Wärmwassererwärmung
- die Konstenaufwände und die Betriebskosten



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Milan V o n d r k a
Studijní program	bakalářský – B2341 Strojírenství
Obor	2302R022 Stroje a zařízení
Zaměření	Energetické stroje a zařízení

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Tepelné čerpadlo pro rodinný dům

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Charakteristika objektu
2. Tepelná čerpadla
3. Výpočet tepelných ztrát
4. Návrh tepelného čerpadla na vytápění, jiné možné varianty vytápění domu
5. Závěrečné zhodnocení

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou diplomovou práci na téma: „Tepelné čerpadlo pro rodinný dům“ vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Petra Novotného, CSc. K řešení práce jsem použil znalosti, které jsem získal během studia na Fakultě strojní, dále z odborných seminářů a množství odborné literatury uvedené na konci bakalářské diplomové práce, včetně vědomostí nabytých několikaletým zájmem o tuto problematiku.

Datum:

Podpis:

Poděkování:

Velmi děkuji vedoucímu této diplomové práce panu Ing. Petrovi Novotnému, CSc. za vstřícné jednání, neocenitelné rady, věcný přístup a ochotu, se kterou se mi vždy věnoval nejen ve vedení mé bakalářské diplomové práce, ale i v průběhu mého studia na této technické univerzitě.

Rád bych dále poděkoval Společnosti pro techniku prostředí organizující řadu odborných seminářů z oblasti vytápění i tepelných čerpadel, které upoutaly moji pozornost a proto jsem se účastnil několika jejich přednášek.

Milan VONDRKA

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Datum:

Podpis:

OBSAH:

Seznam použitých zkratk, symbolů a jejich základní jednotky.....	12
I. ÚVOD.....	13
II. Charakteristika objektu.....	14
III. Teoretická část diplomové práce	
III.1. Princip tepelného čerpadla.....	15
III.2. Součásti tepelného čerpadla.....	17
III.3. Typy tepelných čerpadel.....	18
III.4. Postup výpočtu tepelných ztrát řešeného objektu	21
III.5. Postup výpočtu součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí.....	23
IV. Praktická část diplomové práce	
IV.1. Výpočet součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí.....	23
IV.1.1. Ukázkový výpočet na jedné stavební konstrukci.....	23
IV.1.2. Tabulka použitých stavebních konstrukcí.....	24
IV.2. Výpočet tepelných ztrát	
IV.2.1. Ukázkový výpočet tepelných ztrát.....	25
IV.2.2. Tabulka tepelných ztrát celého objektu.....	27
IV.2.3. Přehled jednotlivých řešených místností.....	27
IV.3. Výpočet energie pro ohřev teplé užitkové vody.....	28
V. Návrh tepelného čerpadla.....	29
V.1. TČ IVT Greenline C 7 plus.....	32
V.2. TČ IVT Greenline C 11.....	34
V.3. TČ Danfoss DHP-H Opti pro 8.....	36
VI. Návrh velikosti akumulární nádrže.....	38
VII. Potřebné teplo pro uvažovaný rodinný dům	39
VII.1. výpočet potřeby tepla dennostupňovou metodou.....	39
VII.2. výpočet celkové roční potřeby tepla pro TUV.....	40
VII.3. roční potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV.....	40
VIII. Další zdroje tepla pro vytápění.....	41
VIII.1. Elektrický kotel.....	41
VIII.2. Kotel na tuhá paliva + elektrický bojler na TUV.....	42
VIII.3. Přímotop.....	44

IX.	Jiné způsoby snížení energetické náročnosti domu.....	45
X.	Ekonomická bilance a finanční návratnost.....	45
	X.1. Státní dotace - zelená úsporám.....	45
	X.2. Pořizovací ceny technologií.....	46
	X.3. Provozní náklady technologií.....	46
XI.	Zhodnocení.....	47
XII.	Závěr.....	48
XIII.	Seznam použité literatury a prameny.....	50
XIV.	Přílohy.....	51
	XIV.1. Výkresová dokumentace.....	51
	XIV.1.1. Výkres přízemí.....	51
	XIV.2.1. Pohled ze severní strany.....	52
	XIV.2.2. Pohled z jižní strany.....	52
	XIV.2.3. Pohled ze západní strany.....	53
	XIV.2.4. Pohled z východní strany.....	53
	XIV. 2. Výpočet tepelných ztrát objektu	
	LOŽNICE.....	54
	ŠATNA.....	56
	POKOJ.....	58
	DĚTSKÝ POKOJ.....	60
	GARÁŽ.....	62
	KOUPELNA.....	64
	KOMORA.....	66
	PŘEDSÍŇ.....	68
	SPÍŽ.....	70
	PRACOVNA.....	72
	OBÝVACÍ POKOJ.....	74
	KUCHYŇ.....	76
	HALA.....	78
	PRÁDELNA.....	81
	WC.....	73

Seznam použitých zkratek, symbolů a jejich základní jednotky:

Značka	Veličina	Rozměr
l	délka	[m]
s	tloušťka	[m]
c	měrná tepelná kapacita	[J/kgK]
ρ	hustota	[kg/m ³]
t	teplota vody	[°C]
d	počet dnů v otopném období	[-]
$\theta_{\text{int},i}$	výpočtová vnitřní teplota	[°C]
θ_e	výpočtová venkovní teplota	[°C]
Q_d	teplo vypočítané dennostupňovou metodou	[J/rok]
Q_{TUV}	energie pro ohřev teplé užitkové vody	[W]
Φ_i	celková návrhová tepelná ztráta místnosti	[W]
$\Phi_{T,i}$	návrhová tepelná ztráta prostupem	[W]
$\Phi_{V,i}$	návrhová tepelná ztráta větráním	[W]
$\Phi_{RH,i}$	zátopový tepelný výkon	[W]
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do prostření	[W]
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do soused. míst.	[W]
$H_{T,ig}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem do půdy	[W]
α_i	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	[W/m ² K]
α_e	součinitel přestupu tepla na vnější straně	[W/m ² K]
λ	součinitel tepelné vodivosti	[W/mK]
γ	součinitel vlivu nesoučasnosti přírážek	[-]
ε_i	výškový korekční činitel rychlosti proudění vzduchu	[-]
e_i	stínící činitel	[-]
f_{g1}	korekční součinitel vlivu změn venkovní teploty	[-]
f_{g2}	teplotní redukční součinitel	[-]
f_{RH}	korekční součinitel poklesu vnitřní teploty	[W/ m ²]
U_k	součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí	[W/m ² K]
$U_{\text{equiv},k}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukcí	[W/m ² K]
G_w	korekční součinitel vlivu spodních vod	[-]
n_{min}	minimální intenzita výměny vzduchu	[1/h]
V_i	objem místnosti	[m ³]
$\dot{V}_{\text{inf},i}$	množství vzduchu infiltrací	[m ³ /h]
$\dot{V}_{\text{min},i}$	hygienické množství vzduchu	[m ³ /h]
\dot{V}_i	přirozeném větrání	[m ³ /h]
A_k	plocha stavební konstrukce	[m ²]

I. ÚVOD

V současné době, kdy se neustále zvyšují ceny energií, a to nejen v souvislosti s pokračováním světové ekonomické krize, je velmi důležité pro každého investora moderního rodinného domu, zamyslet se nad způsobem realizace vytápění, tak aby splňovalo požadavky především ekonomické, ekologické nejen nyní, ale i v budoucnosti včetně vysokého komfortu bydlení.

Trendy moderní doby se přiklánějí v době ubývání fosilních paliv k využívání obnovitelných zdrojů energie a to zvláště tepla z okolního prostředí, které je zdarma. Tuto obnovitelnou energii, která se vyskytuje všude kolem nás, tedy v zemi, vodě a vzduchu, můžeme využívat pomocí tepelného čerpadla, které převede nízkopotenciální tepelnou energii, jež by se nedala přímo využít na energii, kterou lze využívat pro vytápění či ohřev vody. Přitom nedochází k takovému zatěžování přírody, jako u standardně využívaných zdrojů tepla, tedy spalováním fosilních paliv.

Tepelná čerpadla jejichž hlavní výhodou je ekologičnost, splňují i další důležité aspekty nejen efektivnosti, ale hlavně snižování energetické náročnosti výroby tepla, tedy ekonomičnost provozu. To jsou důvody, proč se použití tepelných čerpadel v poslední době neustále zvyšuje.

Je nutné uvědomit si, že v průběhu zimy je hodnota topného faktoru tepelného čerpadla snižena, nejen u nízkopotenciálního zdroje jako je vzduch, ale i po dlouhodobém využívání vrtu v zimě může dosahovat topného faktoru 3 i méně. S ohledem na účinnost výroby elektrické energie a následnými ztrátami distribucí se ekologická a ekonomická efektivita tepelného čerpadla snižuje.

II. Charakteristika objektu

Rodinným domem, který řeším ve své bakalářské práci je projekt jednopodlažní novostavby realizující se u Strakonice. Strakonice se nacházejí ve 390 m n.m., $t_{e \min} -15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Zastavěná plocha RD: 243 m^2

Zastavěná plocha zpevněnými plochami: 80 m^2

Stavba bude situována rovnoběžně se západní hranicí pozemku, objekt má obdélníkový tvar o rozměrech 18,0 x 13,5, bude pouze přízemní s nevyužitým půdním prostorem.

Obvodové, nosné i nenosné zdivo bude provedeno z přesných tvárnic Ytong lepených systémovým lepidlem. Po obvodě bude proveden zpevňující železobetonový věnec s výztuží. Zvenčí bude celý objekt zateplen zateplovacím systémem s tloušťkou izolační vrstvy minimálně 100 mm ve skladbě předepsané dodavatelem zateplovacího systému.

Vnější nosné trámy a sloupy budou provedeny z hoblovaných dřevěných dílců tesařsky spojovaných a ocelovými kotvami kotvených do věnce a soklových sloupků. Nadpraží oken a dveří budou řešena typovými překlady Ytong, případné další nosné trámy budou osazeny až po výběru dodavatele vazníků dle jeho požadavků na podpěry a kotvení.

Na obvodové zdivo a dřevěné trámy bude ukotven sedlový vazníkový krov. Krov bude zakryt skládanou betonovou krytinou v předepsané skladbě dodavatele krytiny Bramac.

Stropní podhled bude zavěšen na spodní pásy vazníků, bude proveden jako sádkartonový zateplený systémem Rigips.

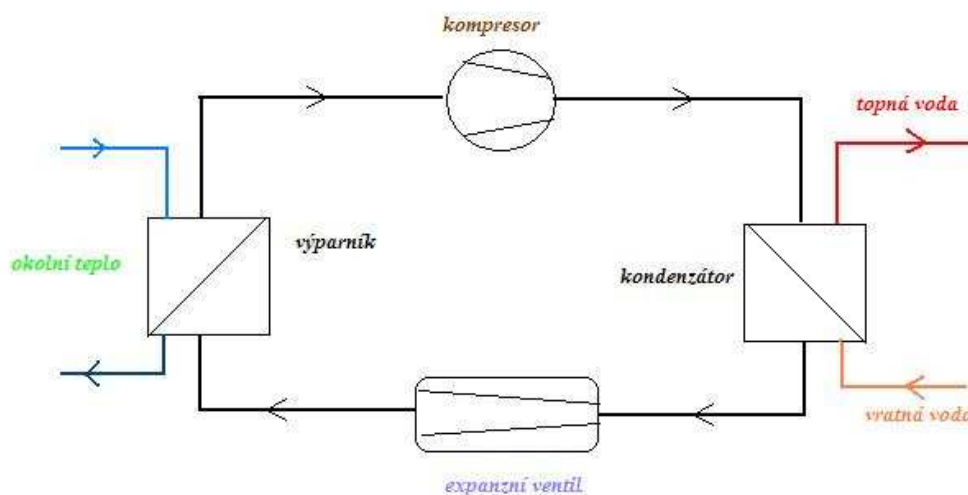
Vchodové dveře a okna budou dřevěná euro s izolačním dvojsklem. Vnitřní dveře budou dřevěné do obloukových zárubní.

Důležitá poznámka: výkresová dokumentace řešeného objektu je umístěna na konci bakalářské práce v Příloze.

III.1. Princip tepelného čerpadla

Funkce tepelného čerpadla je dána první a druhou větou termodynamiky. Podle první věty je množství energie v uzavřené soustavě konstantní. Energie nemůže vznikat ani zanikat, může být pouze přeměněna v jinou formu energie. Podle druhé věty se teplo přenáší pouze v prostředí s vyšší teplotou do prostředí s nižší teplotou. Právě tato druhá věta termodynamiky je důvodem, proč se pro přenos tepelné energie z chladnějšího do teplejšího prostředí musí použít tepelné čerpadlo. Tepelné čerpadlo energii nevyrábí, jen ji přečerpává na vyšší teplotní úroveň. Je tedy výhodné využívat zdroje s co nejvyšší teplotou a teplo dodávat do topných systémů s co nejnižší teplotou, například s využitím podlahového vytápění.

Samotný princip tepelného čerpadla (dále TČ) je vcelku jednoduchý. TČ z okolního prostředí odebírá teplo o nízké teplotě, tedy nízkopotenciální tepelnou energii a přečerpává ji na teplotu, kterou lze použít k ohřevu. Při tomto procesu se spotřebovává nízká část elektrické energie při několikanásobně vyšším topném výkonu. Průměrně můžeme tedy získat z 1 kWh 2,5 až 3,5 kWh. To je dáno součtem elektrické energie a vypařovací energie. Tato vypařovací energie je získávána z obnovitelného zdroje: ze vzduchu, vody, země a tedy zdarma.



Obr. 1 Zjednodušené schéma tepelného čerpadla. Zdroj: vlastní tvorba

1. Na primární (vstupní) straně TČ je výměník tepla (výparník). Zde se pomocí teplonosného média přivádí nízkopotenciální teplo z okolí. Tryskou termostatického expanzního ventilu se vstříkuje pod tlakem kapalné chladivo. Kapalné chladivo se

rychle odpařuje, důsledkem toho se celý výparník podchlazuje na teplotu nižší než je teplota prostředí, ze kterého je odebíráno teplo. Takto podchlazený plyn se ohřívá ve výparníku a dále je nasáván kompresorem.

2. Plynné chladivo je stlačeno v kompresoru a vzrůstem tlaku naroste teplota vyšší, než je v topném systému.
3. Dále je veden do sekundárního výměníku tepla (kondenzátoru), kde předá tuto tepelnou energii do vody v topné soustavě a horký plyn zkapalní.
4. Poté je kapalina vedena do expanzního ventilu a celý cyklus se neustále opakuje.

III.2. Součásti tepelného čerpadla

Základními součástmi jsou:

- výměníky tepla:
 - Deskový výměník
 - Lamelový výměník
 - Trubkový výměník
- kompresor:
 - Hermetický pístový kompresor
 - Hermetický spirálový kompresor SCROLL
 - Rotační kompresor
 - Šroubový kompresor
- termostatický expanzní ventil
- expanzní ventil
- chladivo

Dalšími součástmi jsou:

- spojovací hadice
- rozdělovače
- expanzní nádrž
- fitinky
- presostaty
- manometry
- sběrač kapalného chladiva
- filtrdehydrátor
- trojcestný ventil
- čtyřcestný ventil
- měděné trubky
- kapiláry
- průhledítko
- elektromagnetický ventil v kapalinovém okruhu
- kulové uzavírací kohouty
- talířové ventily
- zpětný ventil

III.3. Typy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla rozdělujeme podle zdroje tepla a média, které využíváme k vytápění či ohřevu vody:

a) VODA-VODA

V případě dostatečného zdroje spodní vody je velmi výhodným zdrojem pro tepelné čerpadlo podzemní voda a to obzvláště pro svojí stálou a relativně vysokou teplotu, která se pohybuje v rozmezí od +8 °C až +11°C. Hlavním předpokladem jsou právě příznivé hydrogeologické podmínky s dostatečnou vydatností podzemní vody.

Pro využívání tohoto zdroje tepla se zřizují dvě studně, které jsou od sebe vzdáleny 10 m až 25 m. Z jedné studně se voda čerpadlem odčerpává a do druhé vsakovací studně se následně ochlazená voda vypouští. Důležitým faktem je také, aby se voda již ochlazená nevracela přes vsakovací studnu do odčerpávané studny. Ve většině případech se provádějí studny o hloubce 8 – 15 m. Vodu jako zdroj lze využívat nejen z podzemní vody, ale i povrchovou vodu z řeky, potoka, jezera nebo i odpadní vodu z průmyslu či z domácnosti. Důležité však je provést několikadenní měření čerpání vody, kterým zjistíme, zda studna požadované množství dodá. Spolu s tím je nutné analyzovat složení vody a její čistotu.

Pro možnost využívání povrchové či podzemní vody je nutné nejprve požádat příslušný vodohospodářský úřad o udělení povolení.

b) ZEMĚ-VODA

V uvedené lokalitě (Strakonicko), tak jako ostatně v našich zeměpisných šířkách promrzá země v zimě do hloubky 80 cm výjimečně jednoho metru. Z uvedeného důvodu lze využít uložení kolektoru horizontálně nebo vertikálně pod zemí, kde je ustálená teplota:

1. Horizontální plošný kolektor se zpravidla umísťuje 1,2 až 1,5 m pod zemí na ploše o rozloze minimálně dva a půl násobku vytápěné plochy domu, kde délka potrubí by neměla přesáhnout 200 m s minimální roztečí trubek 0,6 až 1 m. V případě nedostatku lze použít další potrubí, které je stejně dlouhé. Je vhodné před zasypáním přikrýt kolektory signální fólií. Rovněž se nedoporučuje umísťovat kolektory pod základy domu nebo v jejich těsné blízkosti. Tato varianta je nejméně o polovinu finančně nákladnější, vyžaduje však pozemek o dostatečné ploše u domu.

2. Vertikální kolektor se realizuje tam, kde není dostatečně velký pozemek a nebo není zájem jej pro tento účel použít. Tyto vertikální kolektory neboli hloubkové vrty mají poměrně vysokou teplotu i ve velmi chladných dnech, když máme největší potřebu vytápet objekt. Nevýhodou těchto kolektorů je jejich vysoká cena, která roste s hloubkou vrtu, kde každý metr stojí zhruba 1000,- Kč. Hloubka vrtu je přibližně 60 až 150 m v závislosti na geologických podmínkách, kde se zhruba počítá na jeden 1 kW výkonu 10 až 12 m vrtu. V hloubkách do 60 metrů se používají trubky o průměru 25 mm a u hlubších vrtů se používají trubky o průměru 32 mm, při odpovídajícím výkonu čerpadla. V případě geologických či technických problémů lze realizovat více vrtů.

Pro obě tyto varianty, ať se jedná o horizontální kolektor nebo hloubkové vrty je velice důležité geologické složení půdy. Jílovitá a země s vysokým obsahem vody a minerálů má vysokou tepelnou vodivost a nejlepší akumulaci schopnost. Jakost půdy a z ní vyplývající schopnost předávat teplo uvádějí následující tabulky:

Horizontální plošný kolektor		
Typ podloží	Topný výkon ve W na 1 m ² plochy	Plocha kolektoru v m ² na 1 kw topného výkonu
Suchá zemina	10 - 15	66 - 100
Vlhká zemina	15 - 20	50 - 66
Velmi vlhká zemina	20 - 25	40 - 50
Mokrā zemina	25 - 30	33 - 40
Se spodní vodou	30 - 40	25 - 33

Tab. 1 Orientační délky zemního kolektoru ve vztahu k výkonu TČ.

Zdroj: [11] str.55

Vertikální kolektor		
Typ podloží	Topný výkon ve W na 1 m hloubky vrtu	Hloubka vrtu v m na 1 kw topného výkonu
Suchá zemina	30	33
Normální pevná hornina	55	18
Hornina s velkou tepelnou vodivostí, jíly	80	13
Hornina s výskytem spodní vody	100	10

Tab. 2 Informativní hloubky zemního kolektoru v závislosti na výkonu TČ.

Zdroj: [11] str.61

Pokud není proveden geologický průzkum u hloubkových vrtů počítáme s průměrným měrným výkonem 55 W/m.

c) VZDUCH-VODA

V současné době se nejvíce rozšiřuje tepelné čerpadlo vzduch-voda, které je technicky nenáročné a má jednoduchou instalaci, z čehož vyplývá i nízká pořizovací cena. Použití tohoto TČ je nejvýhodnější v jarních a podzimních měsících, kdy teplota vzduchu je daleko vyšší než teplota země nebo vody, naopak když je teplota vzduchu velmi nízká a je největší potřeba vytápění, tento zdroj je nedostačující. Tyto rozdíly v kolísání teploty vzduchu jsou velkou nevýhodou spolu se zamrzáním kondenzované vody v zimních měsících. Jsou schopna pracovat až do teploty -15 °C, kdy je však jejich efektivnost tak nízká, že při poklesu teploty pod -5 °C je nutno připojit bivalentní zdroj. Nepříjemným faktem je hlučnost, kterou lze eliminovat tím, že TČ umístíme dále od domu.

III.4. Postup výpočtu tepelných ztrát řešeného objektu

Tepelné ztráty objektu byly vypočteny v souladu s aktuálně platnou normou ČSN EN 12831, která v roce 2008 nahradila normu ČSN EN 06 0210 využívanou dodnes pro svou jednoduchost a srozumitelnost. Nová norma se odlišuje od staré především tím, že zohledňuje tepelné mosty ve stavebních konstrukcích.

Postup výpočtu tepelných ztrát vychází z následujících postupů:

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$ [W]

návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]

návrhová tepelná ztráta větráním..... $\Phi_{V,i}$ [W]

Návrhová tepelná ztráta prostupem: $\Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$ [W]

Součinitel tepelné ztráty prostupem do venkovního prostření..... $H_{T,ie}$

$$H_{T,ie} = \left(\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \right) \cdot \Delta t \quad [\text{W}]$$

$$\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_{ie}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$\theta_{\text{int},i}$ [$^{\circ}\text{C}$].....výpočtová vnitřní teplota

θ_e [$^{\circ}\text{C}$].....výpočtová venkovní teplota

A_k [m^2].....plocha stavební konstrukce

U_k $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$...součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí

e_k, e_l [-].....korekční součinitel vystavení povětrnostním vlivům

ψ_l $\left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$...součinitel prostupu tepla lineárního tepelného mostu

l_l [m].....délka lineárních tepelných mostů

V našem případě vychází výraz $\sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = 0$ z důvodu lehké stavební konstrukce, protože podle normy je $\psi_l = 0$.

Součinitel tepelné ztráty prostupem do sousední místnosti..... $H_{T,ij}$

Řeší se obdobně jako předchozím případě.

Součinitel tepelné ztráty prostupem do půdy..... $H_{T,ig}$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t \quad [\text{W}]$$

f_{g1} [-].....korekční součinitel vlivu změn venkovní teploty

f_{g2} [-].....teplotní redukční součinitel $f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$

A_k [m^2].....plocha stavební konstrukce

$U_{equiv,k}$ $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$...ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukcí

G_w [-].....korekční součinitel vlivu spodních vod

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t$ [W]

$\Delta t = (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [$^{\circ}\text{C}$]

$\theta_{int,i}$ [$^{\circ}\text{C}$]..... výpočtová vnitřní teplota

θ_e [$^{\circ}\text{C}$]..... výpočtová venkovní teplota

$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i$ $\left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$součinitel návrhové tepelné ztráty větráním (konst. ρ a c_p)

$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i} \right)$ $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$ přirozeném větrání (v našem případě)

$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i$ $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$ hygienické množství vzduchu

$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$ $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$ množství vzduchu infiltrací

V_i [m^3].....objem místnosti

n_{min} [1/h].....minimální intenzita výměny vzduchu

n_{50} [1/h].....intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50 Pa

ε_i [-].....výškový korekční činitel rychlosti proudění vzduchu

e_i [-].....stínící činitel

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$ [W]

A_i [m^2].....plocha podlahy vytápěné místnosti

f_{RH} [W/m^2]..... korekční součinitel poklesu vnitřní teploty

Celkový návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$ [W]

IV.1. Postup výpočtu součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí

V souladu s normou a přáním investora byly zvoleny tyto vnitřní teploty:

Místnost	Vnitřní teplota [°C]
dětský pokoj	20
garáž	15
hala	15
komora	15
koupelna	24
kuchyň	20
ložnice	20
obývací pokoj	20
pokoj	20
pracovna	20
prádelna	15
předsíň	15
spíž	15
šatna	20
WC	20

Součinitel prostupu tepla se určí u každé stavební konstrukce zvlášť:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

α_e	$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$součinitel přestupu tepla na vnější straně
α_i	$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$součinitel přestupu tepla na vnitřní straně
λ	$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$součinitel tepelné vodivosti prvku
s	[m]šířka stavební konstrukce

IV.1.1. Ukázkový výpočet na jedné stavební konstrukci:

Obvodová zeď 375

$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

- ① omítka: s = 10 mm; $\lambda = 0,88 \text{ W/m.K}$
- ② tvárnice Ytong: s = 375 mm; $\lambda = 0,11 \text{ W/m.K}$
- ③ Baumin lepicí stěrka: s = 3 mm; $\lambda = 0,8 \text{ W/m.K}$
- ④ vnější zateplení PPS 100: s = 100 mm; $\lambda = 0,037 \text{ W/m.K}$
- ⑤ omítka středně hrubá škrábaná: s = 2 mm; $\lambda = 0,7 \text{ W/m.K}$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,002}{0,7} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,003}{0,8} + \frac{0,375}{0,11} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{23}} = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

IV.1.2. Tabulka použitých stavebních konstrukcí		
<i>Typ konstrukce</i>	<i>Označení</i>	<i>U</i>
Obvodová zedř	375	$0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Obvodová zedř	300	$0,1780 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Vnitřní stěna	250	$0,4058 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Vnitřní stěna	200	$0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Vnitřní stěna	150	$0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Vnitřní stěna	100	$0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Podlaha = plovoucí	DLAŽ	$0,3474 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Podlaha = dlažba	PLOV	$0,3974 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Strop	strop	$0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Okna		$1,4 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Dveře		$1,8 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

IV.2. Výpočet tepelných ztrát pro jednu vybranou místnost

IV.2.1. Ukázkový výpočet tepelných ztrát pro: LOŽNICI

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

sever: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(1,2 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,6432 \cdot 1 + 0 \cdot (20 - 15) = 4,89 = 5 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 3 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 23,64 = 24 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((3,2 \cdot 2,58) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 45,86 = 46 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(4,2 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 2)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0 \cdot (20 + 15) = 51,3 = 51 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ie} = ((0,8 \cdot 2) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 100,8 = 101 \text{ [W]}$

západ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((4,8 \cdot 2,58) \cdot 0,4977 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 20) = 0 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (15,36 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 3) = 70,65 = 71 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = plovoucí $U = 0,3474 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,42 \text{ [-]}$$

$$A_k = 15,36 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,42 \cdot 15,36 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 35 = 82 \text{ [W]}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem: $\Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 356 \text{ [W]}$

Korekce přírážkami p_1, p_2, p_3 : $Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 356 \cdot (1 + 0,0198 + 0 + 0) = 365 \text{ [W]}$

Kde: $p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{356}{76,9 \cdot (20 + 15)} = 0,0198$
 $p_2, p_3 = 0$
 $\sum S = 76,9 \text{ m}^2$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 15,36 \cdot 2,58 = 39,63 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 39,63 = 19,81 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 39,63 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 3,17 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 19,81 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 19,81 = 6,7 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 6,74 \cdot 35 = 234,5 = 235 \text{ [W]}$

kde: $\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 356 + 235 = 490 \text{ [W]}$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 15,36 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 15,36 \cdot 22 = 337 \text{ [W]}$

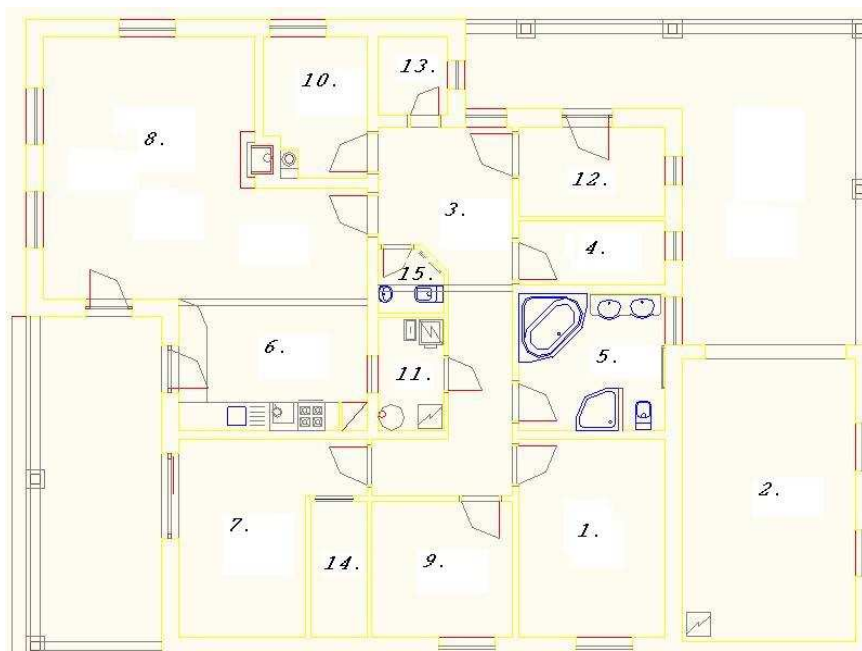
Návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 365 + 235 + 337 = \underline{\underline{937 \text{ [W]}}}$

IV.2.2. Tabulka tepelných ztrát celého objektu

Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností je uveden z důvodu velkého rozsahu v Příloze na konci diplomové práce.

Číslo místnosti	Místnost	Tepelná ztráta	Plocha místnosti [m ²]	Vnitřní teplota [°C]
1.	dětský pokoj	736 [W]	13,02	20
2.	garáž	1993 [W]	22,20	15
3.	hala	425 [W]	14,52	15
4.	komora	129 [W]	2,57	15
5.	koupelna	961 [W]	8,99	24
6.	kuchyň	1358 [W]	15,77	20
7.	ložnice	937 [W]	15,36	20
8.	obývací pokoj	1796 [W]	25,92	20
9.	pokoj	544 [W]	8,27	20
10.	pracovna	515 [W]	6,05	20
11.	prádelna	111 [W]	3,36	15
12.	předsíň	445 [W]	5,89	15
13.	spíž	127 [W]	2,11	15
14.	šatna	231 [W]	4,35	20
15.	WC	184 [W]	1,75	20
Σ		10492 [W] 10,5 [kW]		

IV.2.3. Přehled jednotlivých řešených místností



Obr. 2 Číselné označení místností a jejich rozmístění. Zdroj: vlastní tvorba

Z vypočtených tepelných ztrát jednotlivých místností jsem zjistil celkovou tepelnou ztrátu pro daný objekt a tím jsem dospěl k potřebnému výkonu tepelného čerpadla.

IV.3. Výpočet energie pro ohřev TUV (teplé užitkové vody)

Dle žádosti investora bude byt obydlen čtyřmi osobami, ohřev teplé užitkové vody bude prováděn ve vestavěném 165 l ohřívači v tepelném čerpadle, protože se tím zvýší jeho využití a zkrátí se doba návratnosti celkové investice. Měrná tepelná kapacita vody (c) je 4186 J/kg K. Teplota přírodní vody (t_1) je 10 °C a teplota ohřáté vody požadováno investorem (t_2) je 55 °C, tedy $\Delta t = t_2 - t_1 = 45$ °C. Požadovaný příkon tedy Q_{TUV} je vypočítán v následujícím vzorci.

$$Q_{TUV} = V \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta t = 0,165 \cdot 4186 \cdot 1000 \cdot 45 = 3,108 \cdot 10^7 \frac{J}{den}$$

$$Q_{TUV,d} = \frac{3,108 \cdot 10^7}{24 \cdot 3600} = 359,73 \text{ W}$$

V. Návrh tepelného čerpadla

Z hlediska co největší efektivity a pořizovacích nákladů je výhodné dimenzovat výkon tepelného čerpadla na 60 až 75 % pokrytí celkových tepelných ztrát objektu, kde pro doplnění zbytku potřeby použijeme bivalentní zdroj. Tím je zajištěn hospodárny provoz čerpadla. To je dáno ročním obdobím, kdy nám takto navržené pokrytí postačí na většinu roku, kromě největších mrazů, kdy použijeme další zdroj tepla. Velmi důležité je také uvědomit si, že čerpadlo nemůže pracovat trvale, tedy 24 hodin denně, což by mělo za následek snižování životnosti a velkou spotřebu energie, kdy nízký tarif pro TČ (D55) je 22 hodin denně. Právě k překonání dvou hodin vysokého tarifu a k tomu, aby čerpadlo nestartovalo příliš často, slouží akumulční nádrž.

Z hlediska možností dané lokality jsou pro řešení vytápěného objektu některé zdroje nízkopotenciálního tepla nevhodné:

- u varianty voda-voda není zajištěna dostatečná potřeba vody.
- u varianty vzduch-voda neměl investor zájem pro toto řešení vzhledem k zimním měsícům, kdy mu jde o teplo nejvíce a tento zdroj nezajišťuje dostatečný stabilní výkon.
- u varianty země-voda s využitím horizontálního plošného kolektoru nemá investor dostatečně velký pozemek na pokrytí celého vytápěného objektu.

Proto se investor rozhodl pro poslední variantu země-voda s vertikálním kolektorem při využití vrtu o hloubce 95 metrů o průměru 130 mm bez pažení, kam bude vsunuta smyčka LPDE. Sondy se do vrtu zasunou bezprostředně po odvrtání a vrt se pak zasype pískem nebo vytěženým materiálem. Umístění vrtu bude dáno projektovou dokumentací. Hadice vrtu z LDPE o průměru 40 x 3,7 mm a bude naplněna nemrznoucí směsí líh-voda v poměru 1:3. Potrubí LDPE bude izolováno chladírenskou násuvnou izolací 13 mm a opatřena chráničkou do dvou metrů od objektu rodinného domu. Před objektem jednoho metru od obvodové zdi bude proveden přechod na měděné potrubí 35 x 1,5 mm. Zabezpečení primárního okruhu bude řešeno pomocí doplňovací expanzní nádoby s objemem 4 l a pojistným ventilem. Měření a regulace strojovny s TČ a ohřevem teplé užitkové vody bude zajišťovat regulace Rego 637. Venkovní čidlo ekvitermní regulace bude umístěno na severní neosluněné části fasády domu.

Tepelná ztráta objektu: 10,5 kW

Roční spotřeba tepla: 26,28 MWh/rok = 94,6 GJ/rok

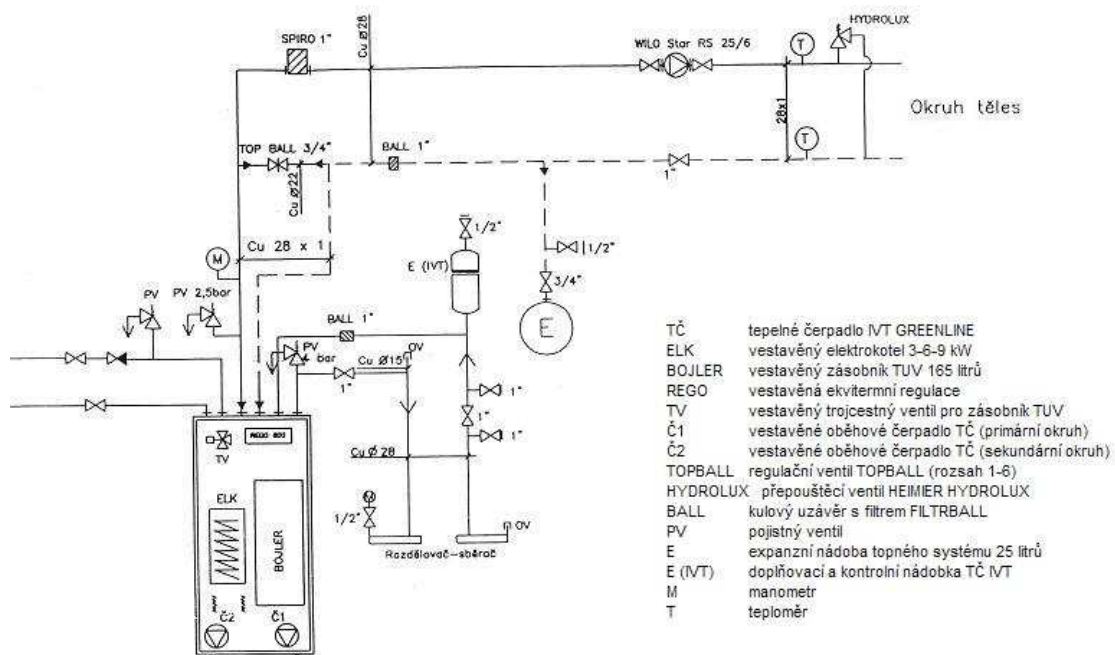
Předběžně bylo zvoleno tepelné čerpadlo IVT Greenline C 7 plus, které na Strakonicku, kde je výpočtová venkovní teplota -15°C nám dokáže zajistit dostatečnou tepelnou pohodu, když při příkonu 1,6 kW nám zajišťuje topný faktor 4,6 dostatečný výkon 7,3 kW tedy 3/4 veškerých tepelných ztrát objektu v souladu s nejvyšší efektivitou.

Technická specifikace tepelného čerpadla TČ IVT Greenline C 7 plus

TEPELNÉ ČERPADLO		IVT GREENLINE C 6	IVT GREENLINE C 7	IVT GREENLINE C 9	IVT GREENLINE C 11
Výkon při $0^{\circ}\text{C} / 35^{\circ}\text{C}^1$	kW	5,9	7,3	9,1	10,9
Příkon	kW	1,3	1,6	2	2,17
Topný faktor při $0^{\circ}\text{C} / 35^{\circ}\text{C}$		4,5	4,6	4,6	5,02
Výkon při $0^{\circ}\text{C} / 50^{\circ}\text{C}^2$	kW	5,4	6,9	8,4	10,1
Příkon	kW	1,7	2,1	2,6	2,9
Topný faktor při $0^{\circ}\text{C} / 50^{\circ}\text{C}$		3,2	3,3	3,2	3,5
Množství teplé užitkové vody	l	165 (celkové množství vody 225 l)			
Množství topné vody	l	60			
Vestavěný elektrický kotel		Kaskádní spínání výkonu 3 – 9 kW			
Nominální průtok na studeném okruhu	l/s	0,3	0,38	0,46	0,57
Vestavěné čerpadlo – externí tlak	kPa	49	45	44	80
Nominální průtok na teplém okruhu	l/s	0,2	0,25	0,31	0,37
Vestavěné čerpadlo – externí tlak	kPa	36	36	34	33
Pojistka při dotopu 6 kW	A	16	16	16	20
Pojistka při dotopu 9 kW	A	20	20	20	25
Startovací proud (se softstartérem) ³	A	27 (27)	33 (21,4)	39 (28,2)	41 (30,1)
Hladina akustického výkonu Lw	dB (A)	44,4	46,9	48,8	49
Hmotnost	kg	200	201	210	218
Připojení na studeném okruhu	Cu	28	28	28	28
Připojení na teplém okruhu	Cu	22	22	22	22
Množství chladiva	kg	1,35	1,4	1,5	1,9
Chladicí medium		Bezfreonové chladivo R 407 C			
Rozměry	mm	600 x 600 x 1800			
Elektrické zapojení		400 V, N3 fáze			
Kompresor		Mitsubishi Scroll			
Max. vstupní teplota primárního okruhu		20 $^{\circ}\text{C}$			
Max. výstupní teplota topné vody		65 $^{\circ}\text{C}$			
Vestavěná regulace		Ekvitermií REGO 637			

Tab. 3 Technické specifikace tepelných čerpadel IVT Greenline. Zdroj:[13]

Technické schéma zapojení tepelného čerpadla TČ IVT Greenline C 7 plus



Obr. 3 Technické schéma zapojení TČ s otopným systémem. Zdroj:[13]

V.1. TČ IVT Greenline C 7 plus

Podle normy ČSN EN 12 831 pro výpočet tepelných ztrát byly vypočteny tepelné ztráty objektu pro výpočtovou teplotu -15°C na cca. 10, 5 kW. Jako zdroj tepla bude sloužit výše uvedené čerpadlo TČ IVT Greenline C 7 plus s výkonem 7, 3 kW při $0^{\circ}\text{C}/35^{\circ}\text{C}$, kde topný faktor činí 4,6. Oběh vody v systému budou zajišťovat oběhová čerpadla osazená dle montážního schématu strojovny na potrubí. V kotelně bude pro jištění systému připojena tlaková expanzní nádoba Expanzomat 25 l a pojistný ventil 400 kPa, který bude zabudován na výstupu tepelného čerpadla.



Obr. 4 IVT Greenline C7 plus Zdroj:[16]

Náklady na pořízení:

Pořizovací cena TČ IVT Greenline C 7 plus:	330 000,- Kč
Dotační program „Zelená úsporám“:	75 000,- Kč
Celková pořizovací cena:	255 000,- Kč

Důležitá poznámka: k celkové ceně na pořízení je nutné připočítat i vyhloubení vrtu, kdy náklady na jeden metr hloubky se pohybují v rozmezí od 1000,- do 1200,- Kč.

V našem případě uvažujeme hloubku 95 m tedy cca. 100 000,- Kč.

Náklady na provoz:

Cena E.ON.:

- tarif D55 (D56d) – 22hodin cena nízkého tarifu za 1 MWh = 1444,- Kč
- stálý plat za měsíc = 48,- Kč

- daň za 1 MWh za měsíc = 28,30 Kč
- cena za jistič za měsíc do 32A = 486,- Kč
- DPH = 20 %

roční provoz TČ=((stálý plat za měsíc x 12)+(cena za jistič x 12)+(daň za 1 MWh x příkon TČ
za rok)+(cena elektřiny v nízkém tarifu x příkon TČ za rok)) x DPH

$$\underline{\text{roční provoz TČ}} = ((48 \times 12) + (486 \times 12) + (28,30 \times 4,285) + (1444 \times 4,285)) \times 1,20$$

$$= \mathbf{15260,- \text{ Kč}}$$

V.2. TČ IVT Greenline C 11

Jako další zdroj tepla uvažuji výkonnější verzi než předchozí TČ IVT Greenline C 7, tedy IVT Greenline C11 s výkonem 10,9 kW při 0°C/35°C, kde topný faktor činí 5,02. Oběh vody v systému budou opět zajišťovat oběhová čerpadla osazená dle montážního schématu strojovny na potrubí. V kotelně bude pro jištění systému připojena stejná tlaková expanzní nádoba jako v předchozím případě Expanzomat 25 l a pojistný ventil 400 kPa, který bude zabudován na výstupu tepelného čerpadla.



Obr. 5 IVT Greenline C11. Zdroj:[16]

Náklady na pořízení:

Pořizovací cena TČ IVT Greenline C 11:	380 000,- Kč
Dotační program „Zelená úsporám“:	75 000,- Kč
Celková pořizovací cena:	305 000,- Kč

Důležitá poznámka: k celkové ceně na pořízení je nutné připočítat i vyhloubení vrtu, kdy náklady na jeden metr hloubky se pohybují v rozmezí od 1000,- do 1200,- Kč.

Náklady na provoz:

Cena E.ON.:

- tarif D55 (D56d) – 22hodin cena nízkého tarifu za 1 MWh = 1444,- Kč
- stálý plat za měsíc = 48,- Kč
- daň za 1 MWh za měsíc = 28,30 Kč

- cena za jistič za měsíc do 40A = 595,20 Kč

- DPH = 20 %

roční provoz TČ=((stálý plat za měsíc x 12)+(cena za jistič x 12)+(daň za 1 MWh x příkon TČ
za rok)+(cena elektřiny v nízkém tarifu x příkon TČ za rok)) x DPH

roční provoz TČ = ((48 x 12) + (595,2 x 12) + (28,3 x 5,235) + (1444 x 5,235)) x 1,20
= **18511,- Kč**

V.3. TČ Danfoss DHP-H Opti pro 8

Třetím zdrojem tepla pro vytápění objektu uvažují tepelné čerpadlo Danfoss o výstupním výkonu 7,5 kW s topným faktorem 4,34. TČ Danfoss tedy zvládne pokrýt tepelnou ztrátu ze $\frac{3}{4}$ vypočítanou v souladu s normou ČSN EN 12 831, tak jak bylo uvažováno vzhledem k co nejvyšší efektivitě. TČ je standardně osazeno kompresorem typu scroll a vybaveno vestavěným nerezovým zásobníkem vody o objemu 180 litrů. Umožňuje proměnné otáčky oběhových čerpadel pro úsporný chod a použitím frekvenčních měničů na oběhových čerpadlech je možno udržovat na výměnících chladicího okruhu tepelného čerpadla optimální parametry. Bivalentním zdrojem je integrovaný elektrokotel o výkonech pomocného ohřevu 3-6-9 kW.



Obr. 6 Danfoss DHP-H Opti pro 8. Zdroj:[26]

Náklady na pořízení:

Pořizovací cena Danfoss DHP-H Opti Pro:	305 000,- Kč
Dotační program „Zelená úsporám“:	75 000,- Kč
Celková pořizovací cena:	230 000,- Kč

Důležitá poznámka: k celkové pořizovací ceně je nutné připočítat i náklady na vyhloubení vrtu, kde se jeden metr hloubky pohybuje okolo 1100,- Kč. V tomto případě je uvažována hloubka 95 metrů odpovídající cca. 100 000,- Kč.

Náklady na provoz:

Cena E.ON.:

- tarif D55 (D56d) – 22hodin cena nízkého tarifu za 1 MWh = 1444,- Kč
- stálý plat za měsíc = 48,- Kč
- daň za 1 MWh za měsíc = 28,30 Kč
- cena za jistič za měsíc do 32A = 486,- Kč
- DPH = 20 %

roční provoz TČ=((stálý plat za měsíc x 12)+(cena za jistič x 12)+(daň za 1 MWh x příkon TČ
za rok)+(cena elektřiny v nízkém tarifu x příkon TČ za rok)) x DPH

$$\text{roční provoz TČ} = ((48 \times 12) + (486 \times 12) + (28,30 \times 4,541) + (1444 \times 4,541)) \times 1,20 \\ = \mathbf{15712,- \text{ Kč}}$$

VI. Návrh velikosti akumulční nádrže

Snížení zatížení kompresoru čerpadla, neboli nejdůležitější části celého zařízení tepelného čerpadla a tím i prodloužení životnosti, používáme v topném systému akumulční nádrž. Při každém poklesu nebo vzrůstu teploty otopné vody se nemusí čerpadlo tak často rozbíhat nebo vypínat. Tyto výchyly nám právě pokryje akumulční nádrž.

Velikost závisí na jmenovitém výkonu tepelného čerpadla ($Q_{Ztč}$) i na jeho typu je vhodné se držet pokynu výrobce. Odpovídající velikost (V_{AN}) však můžeme i spočítat podle vzorce : $V_{AN} = Q_{Ztč} \cdot 15 = 10,5 \cdot 15 = 157,5$ [l]

Podle výpočtu a doporučení výrobce volíme akumulční nádrž 165 litrů.

VII. Potřebné teplo pro uvažovaný rodinný dům

K výpočtům použijeme dennostupňovou metodu. Pro výpočet použijeme hodnoty z uvedené oblasti za rok 2009. U výpočtu otopného období, které začíná standardně poklesem průměrné denní teploty pod 15 °C. Přípravu teplé užitkové vody řešíme pro celý rok bez ohledu na otopné období.

VII.1. výpočet potřeby tepla dennostupňovou metodou

$$Q_d = 24 \cdot 3600 \cdot \varepsilon \cdot Q_{ztr} \cdot d \cdot \frac{t_{is} - t_{es}}{t_{is} - t_e} \cdot e \quad [\text{J}]$$

počet dnů v otopného období:	d=288 dní
tepelná ztráta objektu :	$Q_{ztr} = 10,5 \text{ kW}$
průměrná teplota za otopné období:	$t_{es}=3,8^\circ\text{C}$
průměrná teplota v objektu:	$t_{is}=19^\circ\text{C}$
výpočtová venkovní teplota :	$t_e=-15^\circ\text{C}$
součinitel na dobu provozu:	$e=0,9$
součinitel nesoučasnosti přírážek:	$\varepsilon=0,9$

$$Q_r = 24 \cdot 3600 \cdot 0,9 \cdot 10500 \cdot 288 \cdot \frac{19 - 3,8}{19 + 15} \cdot 0,9 = 94,6 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Spotřeba tepla za otopné období vychází na 94,6 GJ/ rok = 26,28 MWh/rok. Výpočet nezohledňoval započítání tepelných zisků slunečního záření, z elektrických spotřebičů a obyvatel domu.

Skutečnou roční spotřebu tepla získáme podílem potřeby tepla dennostupňovou metodou a součinem účinností části otopného systému.

$$Q_{r,SK} = \frac{Q_r}{\eta_K \cdot \eta_R \cdot \eta_O}$$

účinnost kotle: $\eta_K=1$

účinnost rozvodu: $\eta_R=0,97$

účinnost regulace: $\eta_O=0,95$

$$Q_{r,SK} = \frac{94,6}{1,0 \cdot 0,97 \cdot 0,95} = 102,66 \text{ GJ} = 28,51 \text{ MWh}$$

VII.2. výpočet celkové roční potřeby tepla pro TUV

Dle žádosti investora bude byt obydlen čtyřmi osobami, ohřev teplé užitkové vody bude prováděn ve vestavěném 165 l ohřívači v tepelném čerpadle, protože se tím zvýší jeho využití a zkrátí se doba návratnosti celkové investice.

počet dnů ohřevu TUV:	$d = 365$ dnů
objem nádrže:	$V = 165$ l
teplota ohřáté vody:	$t_2 = 55$ °C
teplota přírodní vody:	$t_1 = 10$ °C
měrná tepelná kapacita vody:	$c = 4186$ J/kg K

$$Q_{TUV,d} = \frac{V \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta t}{3,6 \cdot 10^7} = \frac{0,165 \cdot 4186 \cdot 1000 \cdot 45}{3,6 \cdot 10^7} = 8,63 \text{ kWh} = 31,068 \text{ MJ}$$

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot 365 = 31,068 \cdot 365 = 11,339 \text{ GJ} = 3,149 \text{ MWh}$$

VII.3. roční potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV

je dána součtem potřeby tepla na vytápění za otopné období 288 dnů a potřeby tepla na TUV za 365 dní.

$$Q_{CELKOVE,r} = Q_r + Q_{TUV,r} = 94,6 \text{ GJ} + 11,339 \text{ GJ} = 105,939 \text{ GJ} = 29,428 \text{ MWh}$$

VIII. Další zdroje tepla pro vytápění

Dalším zdrojem tepla na vytápění a přípravu TUV pro porovnání pořizovacích nákladů a návratnost investic se srovnáním s uváděným tepelným čerpadlem je:

a) elektrický kotel b) kotel na tuhá paliva, kde se bude příprava teplé užitkové vody provádět elektrickým bojlerem c) elektrické přímotopy.

Jednou z dalších alternativ by byl plynový kotel, který však nemůžeme uvažovat, protože nejbližší přípojka je od řešeného objektu velmi vzdálena a znamenala by tudíž velké finanční náklady pro investora, které pro něj nejsou přijatelné.

VIII.1. Elektrický kotel

Při výběru elektrického kotle vycházíme z vypočtených tepelných ztrát daného objektu ve výši 10 492 W spolu s potřebou tepla na pokrytí teplé užitkové vody ve výši 360 W. V tomto případě musíme uvažovat, že elektrokotel bude v provozu pouze 20 hodin denně dle sníženého tarifu. Z tohoto důvodu navýšíme výkon kotle.

$$\text{Potřeba tepla pro el. kotel za den:} \quad Q_d = Q_{VYT,SK} + \frac{Q_{TUV}}{\eta_k} \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{VYT} = 24 \cdot Q_{ztr} \cdot \varepsilon \cdot e \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{VYT,SK} = \frac{Q_{VYT}}{\eta_K \cdot \eta_R \cdot \eta_O} \quad [\text{kWh}]$$

$$\text{tepelná ztráta objektu} \quad : \quad Q_{ztr} = 10,492 \text{ kW}$$

$$\text{potřeba TUV za den:} \quad Q_{TUV,d} = 8,63 \text{ kW}$$

$$\text{součinitel na dobu provozu:} \quad e = 0,9$$

$$\text{součinitel nesoučasnosti přírážek:} \quad \varepsilon = 0,9$$

$$\text{účinnost kotle:} \quad \eta_K = 0,99$$

$$\text{účinnost rozvodu:} \quad \eta_R = 0,97$$

$$\text{účinnost regulace:} \quad \eta_O = 0,95$$

$$Q_{VYT} = 24 \cdot 10492 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 203,96 \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{VYT,SK} = \frac{203}{0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,95} = 222,5 \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_d = 222,5 + \frac{8,63}{0,99} = 231,2 \quad [\text{kWh}]$$

Následně zjistíme potřebný výkon elektrického kotle:

$$Q_{EK} = \frac{Q_d}{t} = \frac{231,2}{20} = 11,56 \text{ [kWh]}$$

Potřebný výkon elektrického kotle je 11,56 kW, proto jsem zvolil 12 kW elektrokotel Protherm Rejnok 12K v ceně 12.634,- Kč (včetně DPH).


	<u>elektrokotel Rejnok 12K</u>
	<p>závěsné provedení, postupné spínání výkonu, možnost omezení max. výkonu, veškeré bezpečnostní prvky, nastavitelná max. teplota otopné vody, zobrazení teploty a tlaku otopné vody, diagnostika, vestavěné čerpadlo a expanzní nádoba, systém spínání HDO. Ovládací panel elektrokotle :</p> <ul style="list-style-type: none">- Elektrokotel je vybaven provozním termostatem a tlakoměrem- Kontrolka HDO informuje o provozu elektrokotle na nízký tarif elektrického proudu- Obsahuje ovládací a signalizační prvky pro sepnutí 1/3, 2/3 a plného výkonového stupně elektrokotle <p>Technické parametry:</p> <ul style="list-style-type: none">- Max. výkon: 12 kW- Min. výkon: 6 kW- Výkonové stupně: 0+6+6+12 kW- Účinnost: až 99,5 %- Max. teplota otopné vody: 85°C- Elektrické napětí: 3x400 V/230 V, 50 Hz- Typ kabelu: CYKY 5x1,5 mm²- Typ jističe: LSN 25B/3- Min. provozní přetlak kotle: 80 kPa- Max. provozní přetlak kotle: 300 kPa- Expanzní nádoba: 10 litrů- Připojení otopné soustavy: DN 20 (3/4)- El. krytí: IP40- Rozměry (vxšxh): 745x410x240 mm- Hmotnost: 34 kg

Obr. 7 elektrokotel Rejnok. Zdroj:[18]

VIII.2. Kotel na tuhá paliva + elektrický bojler na TUV

Pro výkon kotle je opět určující tepelná ztráta objektu cca. 10,5 kW, který navrhuji jako monovalentní zdroj. Proto volím kotel na tuhá paliva Dakon DOR 12 o topném výkonu 5 až 12 kW v ceně 12.999,- Kč (včetně DPH).

Současně s tímto zdrojem vytápění objektu budeme provádět přípravu teplé užitkové vody pomocí elektrického bojleru. Zvolil jsem elektrický bojler Dražice OKCEV 160 v ceně 6.400,- Kč (včetně DPH).




Obr.8 Dakon DOR 12.
Zdroj:[21]

kotel na tuhá paliva Dakon DOR 12
 univerzální ocelový teplovodní kotel DAKON DOR 12 na pevná paliva. Kotel je vybaven chladicí smyčkou umožňujícím bezpečný odvod přebytečného tepla bez doplňujících zařízení a vnější energie tak, aby nebyla překročena teplota vody 110 °C

Technické údaje:
 Palivo: hnědé uhlí – ořech I., hnědé uhlí – ořech II, kostka, brikety, koks, černé uhlí, dřevo.
 Topný výkon: 5 až 12 kW.
 Třída kotle 2
 Účinnost při topení předepsaným palivem 78-84 %
 Výška x Šířka x Hloubka: 920 x 600 x 691 mm
 Objem násypné šachty 26 l
 Rozměry plnicího otvoru 260 x 135 mm
 Hmotnost kotle bez vody 158 kg
 Maximální hmotnost paliva v násypné šachtě 19 kg
 Vodní objem kotle 46 l
 Rozsah regulace teploty 65-95 °C
 Teplota studené vody 10 °C
 Výchřevná plocha kotle 1,1 m²
 Stáložárnost kotle (palivo - hnědé uhlí) 12 hod

elektrický bojler Dražice OKCEV 160



Obr. 9 Dražice OKCEV 160. Zdroj:[23]

závěsný, ležatý elektrický akumulací ohříváč s vodorovnou pracovní polohou do prostor s nedostatkem místa o objemech 100-200 litrů. Ohříváč může být upevněn na zdi pomocí dodávaných konzolí nebo připevněn ve vodorovné poloze ke vhodné konstrukci. Vždy je třeba počítat s místem nad a pod ohříváčem pro montáž přívodního potrubí.
 Ohřev zajišťuje keramické topné těleso ovládané provozním termostatem a jistěné bezpečnostním termostatem . Teplotní rozsah 0-80 °C. Připojovací napětí 1-PE–N/AC 230 V/50 Hz. Hlavní využití
 Příprava TUV v objektech s možností využití nízkého tarifu elektrické energie.

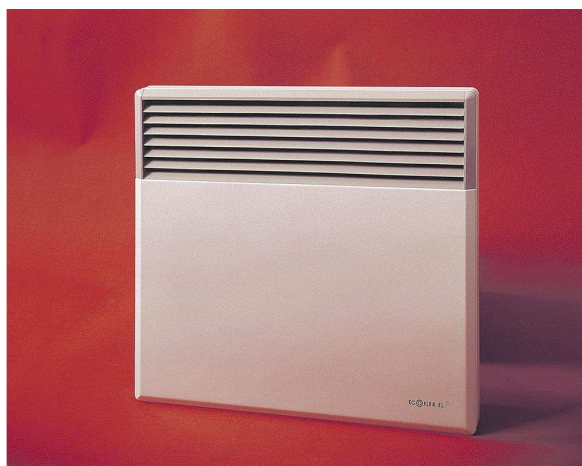
Objem	160 [l]
Maximální provozní tlak nádoby	0,6 [MPa]
Napětí	230 [V]
Příkon	2 000 [W]
Elektrické krytí	IP 44
Výška ohříváče	1235 [mm]
Průměr ohříváče	524 [mm]
Maximální hmotnost ohříváče bez vody	66 [kg]
Doba ohřevu el. energií z 10 °C na 60 °C	5 [hod]
Tepelné ztráty/třída energetické účinnosti	1,39/C [kWh/24 hod]

Roční spotřeba el. energie pro ohříváč TUV:

$$P_{TUV,r} = \frac{Q_{TUV,d}}{\eta_{BOJ}} \cdot d = \frac{8,63}{0,99} \cdot 365 = 3,181 \text{ GWh}$$

VIII.3. Přímotop

Výhodou elektrických přímotopů je hlavně nízká pořizovací cen, téměř nulové náklady na instalaci zařízení a okamžitá funkčnost. Uvažované přímotopy se vyrábějí v sedmi kategoriích (500 W, 750 W, 1000 W, 1250 W, 1500 W, 1750 W, 2000 W). Pracují na principu klasického konvenčního vytápění. Topné těleso ohřívá vzduch, který proudí a prohřívá celou místnost. Všechny tyto přímotopy jsou vybaveny elektronickými termostaty nebo elektromechanickými termostaty.



Obr. 10 přímotop ECOFLEX EL. Zdroj:[24]

Výběr přímotopu jsem provedl dle vypočtených tepelných ztrát jednotlivých místností.

Typ přímotopu	Umístění	Počet (ks)	Cena/kus (Kč s DPH)	Cena za typ (Kč s DPH)
ECOFLEX EL 500 W	předsín, hala, WC, komora, prádelna, spíž, šatna	7	1 714,-	11 998,-
ECOFLEX EL 750 W	pracovna, dětský pokoj	3	1 973,-	5 919,-
ECOFLEX EL 1000 W	koupelna, ložnice	2	2 111,-	4 222,-
ECOFLEX EL 1500 W	kuchyň	1	2 370,-	2 370,-
ECOFLEX EL 2000 W	obývací pokoj, garáž	2	2 842,-	5 684,-
Celková pořizovací cena (vč. DPH)				30 193,-

Tab. 4 Přiřazení uvažovaných přímotopů k jednotlivým místnostem včetně ceny.

Maximální instalovaný výkon je 13,25 kW s pořizovací cenou 30 193,- Kč vč. DPH

IX. Jiné způsoby snížení energetické náročnosti domu

Dle zadání uvažujeme snížením energetické náročnosti domu zateplením, instalací solárního systému, výměnou stavebních prvků (okna, dveře).

- a) Zateplení domu je plánováno současně s výstavbou a to kontaktním zateplovacím systémem – izolační deska o tloušťce 100 mm Pps.
- b) Do budoucna uvažuje investor o instalaci solárního systému na střechu objektu, kterým by pomáhal ohřívat teplou užitkovou vodu. V současné době by investorovi zvýšila výrazně zvýšila pořizovací náklady k současně uvažovanému tepelnému čerpadlu. Navíc by instalace solárního systému spolu s tepelným čerpadlem znamenala prodloužení návratnosti tepelného čerpadla.
- c) Vchodové dveře a okna jsou již při plánované výstavbě standardně vybrána jako velmi kvalitně izolovaná dvojskla typu euro.

X. Ekonomická bilance a finanční návratnost

X.1. Státní dotace - zelená úsporám

Dotační program „Zelená úsporám“ je směřován na zateplování rodinných domů a to nejen na zateplení fasády, střechy či výměnu oken, ale i na náhradu starých zdrojů tepla, jako jsou kotle na uhlí a elektrických kotlů za ekologičtější zdroje tepla. Právě proto jsou součástí programu i tepelná čerpadla, na které se v poslední době aplikují dotace.

Dotační program „Zelená úsporám“ není však žádnou novinkou, už dříve existovaly dotační programy na podporu tepelných čerpadel, avšak bylo velmi těžké ji získat. Velký rozdíl oproti minulým rokům je tedy, že dotace „Zelená úsporám“ je nároková a získá ji každý, kdo splní předepsané podmínky programu „Zelená úsporám“.

X.2. Pořizovací ceny technologií

Přehled pořizovacích cen včetně DPH na technologie přednostně uvažované, tedy tepelné čerpadlo a dalších uvažovaných alternativních zdrojů z předchozí kapitoly (Poznámka: konečné ceny jednotlivých technologií jsou podtrženy).

- Tepelná čerpadla: (s dotací)	
<i>Danfoss DHP-H Opti pro 8</i>	<u>230 000,- Kč</u>
<i>IVT Greenline C 7 plus:</i>	<u>255 000,- Kč</u>
<i>IVT Greenline C 11:</i>	<u>305 000,- Kč</u>
- Elektrický kotel:	
<i>Protherm Rejnok 12K:</i>	<u>12.634,- Kč</u>
- Kotel na tuhá paliva + elektrický bojler na TUV:	
<i>Dakon DOR 12:</i>	12.999,- Kč
<i>Dražice OKCEV 160:</i>	6.400,- Kč
Celkem:	<u>19.399,- Kč</u>
- Přímotopy:	
<i>ECOFLEX EL xxxx W:</i>	<u>30 193,- Kč</u>

X.3. Provozní náklady technologií

Náklady na vytápění z uvažovaných zdrojů, kterými jsem se zabýval v předchozí kapitole spolu s dalšími zdroji na trhu.

1	Tepelné čerpadlo	18511,- Kč / rok
2	Elektrický kotel	58474,- Kč / rok
3	Elektrický přímotop	68732,- Kč / rok
4	Dřevo	24622,- Kč / rok
5	Hnědé uhlí	23889,- Kč / rok
6	Černé uhlí	29784,- Kč / rok
7	Koks	41613,- Kč / rok
8	Dřevěné brikety	28830,- Kč / rok
9	Dřevěné pelety	25868,- Kč / rok
10	Štěpka	18920,- Kč / rok
11	Propan	48106,- Kč / rok

X. Zhodnocení

Dle uvedené tabulky pořizovacích a provozních nákladů vychází sice jako levná alternativa topení dřevem případně štěpkou, ale investor dává přednost právě tepelnému čerpadlu zvláště kvůli zachování komfortu bydlení a životního stylu a proto si vybral tepelné čerpadlo mnou navrhnuté.

Zhodnocení TČ: V.1. TČ IVT Greenline C 7 plus

Tepelné čerpadlo IVT Greenline C7 je pro potřebu investora vyhovující z hlediska pořizovacích i provozních nákladů. Podle požadavků pokryje toto řešení $\frac{3}{4}$ požadovaného výkonu, jak je u tepelných čerpadel ideální a zbývající potřebu pokryje elektrokotel instalovaný v TČ.

Bivalentním zdrojem je tedy integrovaný elektrický kotel umístěný v TČ s výkonem 3-6-9 kW.

Většina firem dodávajících TČ preferuje v jižních Čechách právě toto tepelné čerpadlo pro minimální poruchovost a dlouhou životnost, která je prezentována několikaletou zárukou (5 let na celé TČ a 10 let na kompresor).

Pro investora bych doporučil právě toto tepelné čerpadlo.

Zhodnocení TČ: V.2. TČ IVT Greenline C 11

Tepelné čerpadlo IVT Greenline C 11 zvládne pokrýt celou tepelnou ztrátu objektu, proto nepotřebuje využívat funkci elektrokotle, což nám snižuje potřebu elektrické energie a tím i finanční náklady. Při pořízení je však výrazně dražší, také potřeba jističe je vyšší v měsíční platbě, ale do budoucna nám bude trvale snižovat náklady.

Zhodnocení TČ: V.3. Danfoss DHP-H Opti pro 8

Pro porovnání jsem zvolil jako třetí tepelné čerpadlo Danfoss DHP-H Opti pro 8 vyráběné a oblíbené v severských zemích se jmenovitým topným výkonem 7,2 kW. Danfoss DHP-H Opti pro 8 je po technické stránce obdobné jako první uvažované TČ, tedy IVT Greenline C 7 plus.

Toto tepelné čerpadlo je sice levnější než ostatní uvažovaná tepelná čerpadla, ale má mírně vyšší provozní náklady oproti TČ IVT Greenline C 7 plus.

Bivalentním zdrojem je integrovaný elektrokotel v TČ o výkonech pomocného ohřevu 3-6-9 kW.

XI. Závěr

Cílem mé práce bylo navrhnout nejefektivnější způsob vytápění rodinného domku s použitím tepelného čerpadla s přihlédnutím na další zdroje vytápění.

Při řešení návrhu vytápění jsem vycházel roční potřeby energie pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody, kde vypočtená roční spotřeba tepla činí 29,4 MWh/rok neboli 105,9 GJ/rok. Roční spotřebu tepla pro vytápění jsem určil v souladu s platnou normou z vypočtených tepelných ztrát objektu vycházející na 10,5 kW.

Z hlediska možností dané lokality a dle mého doporučení byla zvolena zdrojem nízkopotenciálního tepla varianta země-voda s vertikálním kolektorem s použitím vrtu o hloubce 95 m. Jako zdroj tepla jsem zvolil tepelné čerpadlo IVT Greenline C7 plus s výkonem 7,3 kW při příkonu 1,6 kW. Toto TČ s topným faktorem 4,6 splňující zvolenou podmínku pokrytí tepelných ztrát objektu ze $\frac{3}{4}$, kde se o zbývající potřebu postará integrovaný elektrokotel. TČ zcela vyhovuje potřebám investora jak po stránce pořizovací (255 000,- Kč s dotací), tak i provozní (16 831,- Kč/rok), na rozdíl od druhého uvažovaného TČ IVT Greenline C11, nebo třetího uvažovaného TČ Danfoss DHP-H Opti pro 8. Do nákladů v neposlední řadě je důležité započítat i cenu instalace technologie a vyhloubení vrtu.

Řešení vytápění jsem porovnal s dalšími zdroji tepla pro vytápění a přípravu TUV: elektrickým kotlem, kotlem na tuhá paliva s elektrickým bojlerem a elektrickými přímotopy. Plynový kotel, který se kvůli velmi vzdálené přípojce nemohl uvažovat z důvodu velkých finančních nákladů. Z těchto zdrojů tepla je při pořízení finančně nejvýhodnější elektrický kotel a o 7 tisíc dražší kombinace kotle na tuhá paliva+elektrický bojler. Levnou variantou je pořízení přímotopů v pořizovací hodnotě 30 tisíc, ale nutno si uvědomit, že se nemusí pořizovat otopná tělesa jako ve standardním případě. Nejnákladnější technologií tedy zůstává tepelné čerpadlo, které si svou vysokou pořizovací cenu kompenzuje nízkou spotřebou energie a tedy nejnižšími provozními náklady z uvažovaných technologií. Z hlediska provozních nákladů vychází velmi přijatelně také jako palivo štěpka a dřevo určené pro kotel na tuhá paliva. Několikanásobně nákladnější je provoz elektrického kotle a přímotopu.

V neposlední řadě je nutno podotknout, že ve srovnání tepelného čerpadla s kotlem na tuhá paliva je tepelné čerpadlo plně automatizované a nepotřebuje tedy obsluhu, navíc v případě kotle na tuhá paliva je důležité uvažovat i skladovací prostor, který u TČ odpadá.

Z dalších způsobů snížení energetické náročnosti domu jsem došel k závěru, že jsou dostačující a není potřeba je měnit. Zateplení domu s uvažovaným zateplovacím systémem 100 mm Pps spolu s velmi kvalitě izolovanými dveřmi a okny.

TČ vychází jak v současnosti, tak i do budoucna velmi výhodně především pro neustálý vzrůst cen energií, paliv a právě TČ tuto elektrickou energii snižuje díky svému topnému faktoru. Je to vytápění jak ekologické, tak i ekonomické spolu se zvýšením komfortu bydlení.

XII. Seznam použité literatury a prameny

Literatura:

- [1] Beranovský J., Truxa J.: *Alternativní energie pro váš dům*, 2003
- [2] Brož K.: *Vytápění*, 2006
- [3] ČSN EN 12831: *Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu*, 2005
- [4] Dvořák Z., Klazar L., Petrák J.: *Tepelná čerpadla*, 1987
- [5] Karlík R.: *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, 2009
- [6] Mečářík K., Havelský V., Füre B.: *Tepelné čerpadlá*, 1989
- [7] Navrátil J.: *Domácí kútil a ... tepelné čerpadlo*, 1997
- [8] Nový R., kol.: *Technika prostředí*, 2006
- [9] Petrák J., Dvořák Z.: *Tepelná čerpadla*, 1991
- [10] Srdečný K., Truxa J.: *Tepelná čerpadla*, 2007
- [11] Žeravík A.: *Stavíme tepelné čerpadlo - návratnost i za jeden rok*, 2003

Webové portály:

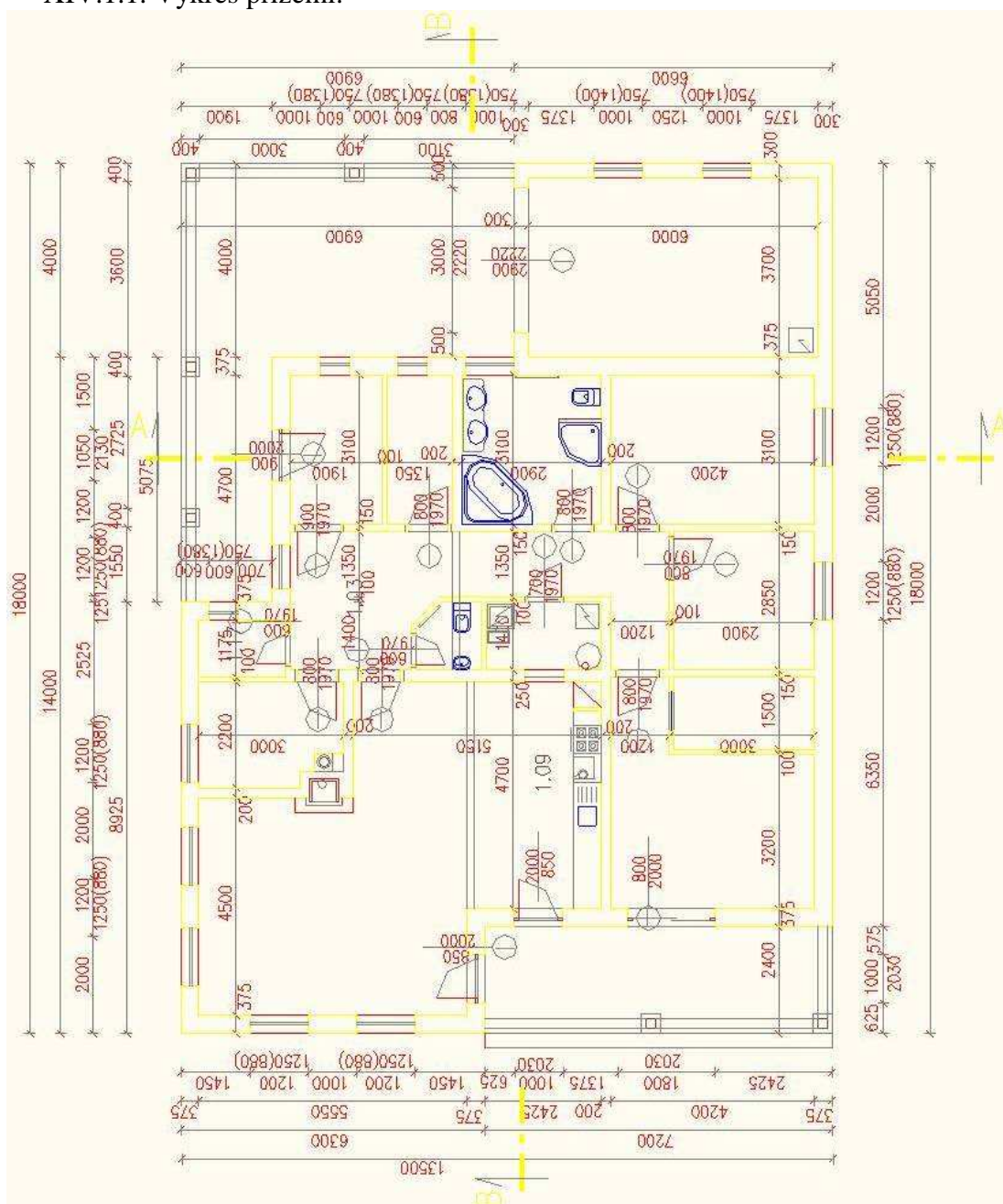
- [12] <http://vytapani.tzb-info.cz>
- [13] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [14] <http://www.cerpadlo.org>
- [15] <http://www.eccb.cz>
- [16] <http://www.enerfinplus.cz>
- [17] <http://www.itepelnacerpadla.cz>
- [18] <http://www.plynove-kotle.aquamarket.cz>
- [19] <http://www.regulus.cz>
- [20] <http://www.terms-cz.com/tepelna-cerpadla.php>
- [21] http://www.vtpshop.cz/kotel-dakon-dor-12_86
- [22] <http://www.zelenausporam.cz>
- [23] <http://www.aquamarket.cz>
- [24] <http://www.elektricke-topeni.eu>
- [25] <http://www.cz.danfoss.com>

XIII. Přílohy

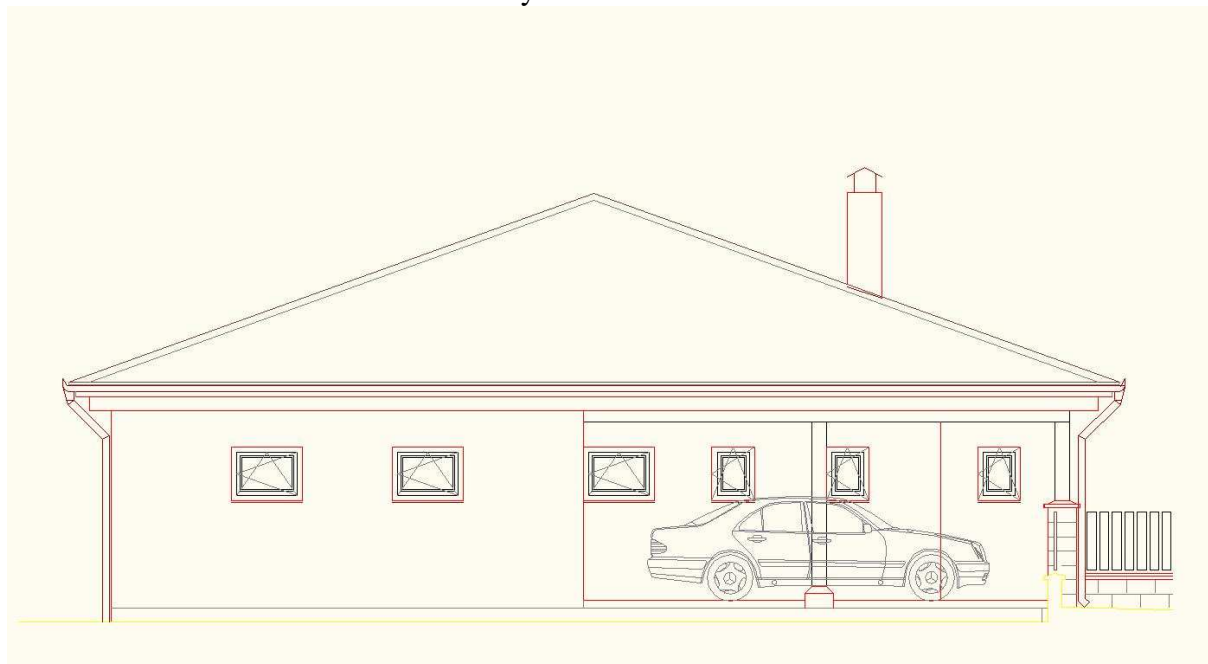
XIV.1. Výkresová dokumentace



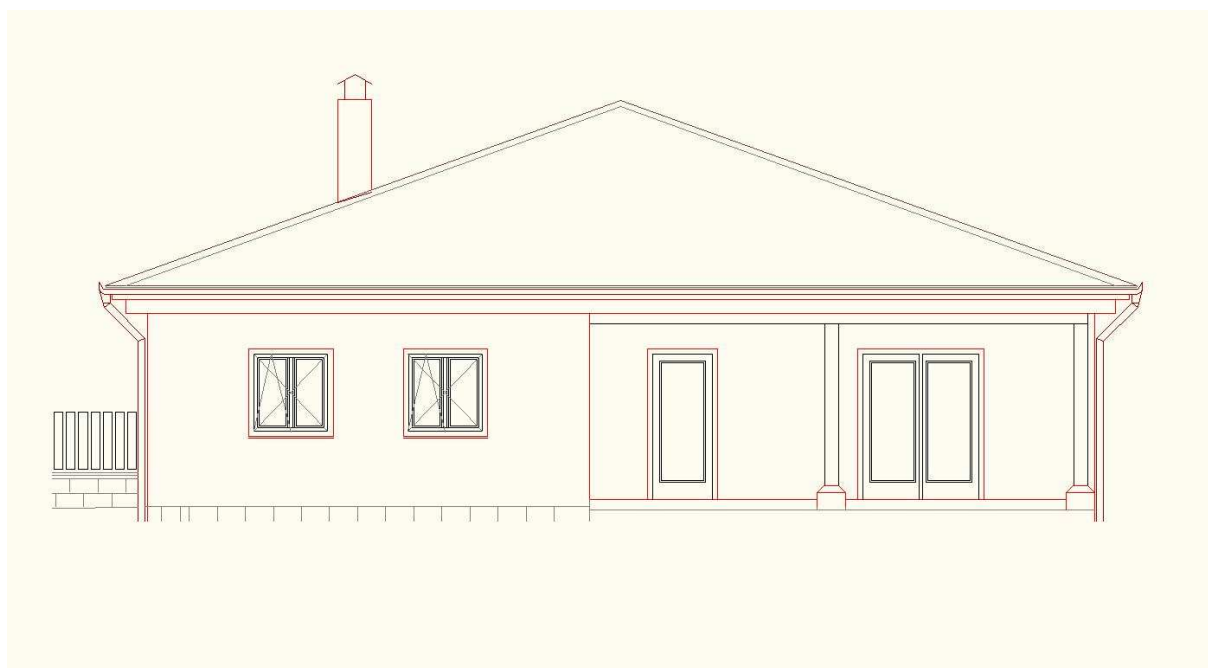
XIV.1.1. Výkres přízemí:



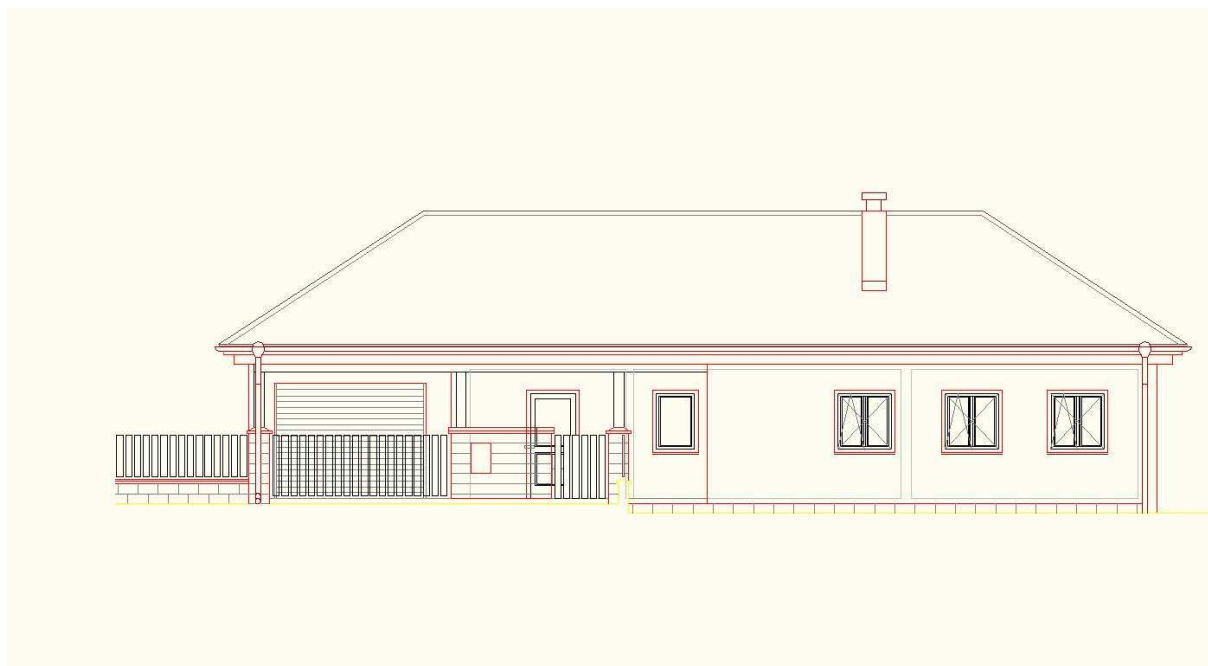
XIV.2.1. Pohled ze severní strany



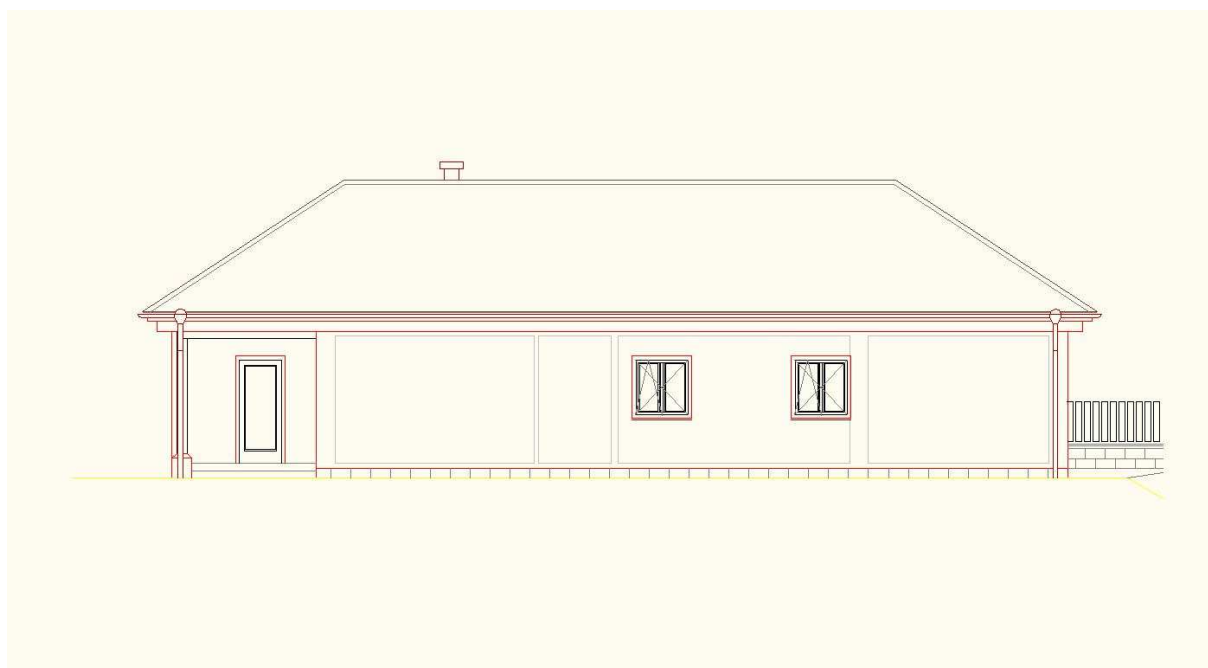
XIV.2.2. Pohled z jižní strany



XIV.2.3. Pohled ze západní strany



XIV.2.4. Pohled z východní strany



XIV. 2. Výpočet tepelných ztrát objektu

Výpočet tepelných ztrát pro: LOŽNICE

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

d) Stěny

západ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((4,8 \cdot 2,58) \cdot 0,4977 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 20) = 0 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((3,2 \cdot 2,58) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 45,86 = 46 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((4,2 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 2)) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 51,3 = 51 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ie} = ((0,8 \cdot 2) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 100,8 = 101 \text{ [W]}$

sever: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((1,2 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)) \cdot 0,6432 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 4,89 = 5 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 3 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 23,64 = 24 \text{ [W]}$

e) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (15,36 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 3) = 70,65 = 71 \text{ [W]}$$

f) Podlaha = plovoucí $U = 0,3474 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,42 \text{ [-]}$$

$$A_k = 15,36 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,42 \cdot 15,36 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 35 = 82 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta prostupem: } \Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 356 \text{ [W]}$$

$$\text{Korekce přírážkami } p_1, p_2, p_3: Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 356 \cdot (1 + 0,0198 + 0 + 0) = 365 \text{ [W]}$$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{356}{76,9 \cdot (20 + 15)} = 0,0198$$

$$p_2, p_3 = 0 \\ \sum S = 76,9 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 15,36 \cdot 2,58 = 39,63 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 39,63 = 19,81 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 39,63 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 3,17 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 19,81 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 19,81 = 6,7 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta větráním: } \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 6,74 \cdot 35 = 234,5 = 235 \text{ [W]}$$

$$\text{kde: } \Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: } \Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 356 + 235 = 490 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 15,36 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Zátopový tepelný výkon: } \Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 15,36 \cdot 22 = 337 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhový tepelný výkon: } \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 365 + 235 + 337 = \underline{\underline{937 \text{ [W]}}}$$

Výpočet tepelných ztrát pro: ŠATNA

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]} \quad \dots \text{nebot' } \Delta t = 0$$

východ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((3,2 \cdot 2,58) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 21,5 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]} \quad \dots \text{nebot' } \Delta t = 0$$

sever: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]} \quad \dots \text{nebot' } \Delta t = 0$$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (4,35 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 3) = 20,1 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = plovoucí $U = 0,3474 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,42 \text{ [-]}$$

$$A_k = 4,35 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,42 \cdot 4,35 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 35 = 23,18 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta prostupem: } \Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 65 \text{ [W]}$$

Korekce přírážkami p_1, p_2, p_3 :

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 65 \cdot (1 + 0,0087 + 0 + 0,05) = 68,81 = 69 \text{ [W]}$$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{65}{31,92 \cdot (20 + 15)} = 0,0087$$

$$p_2 = 0$$

$$p_3 = 0,05$$

$$\sum S = 31,92 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 4,35 \cdot 2,58 = 11,22 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 11,22 = 5,61 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 11,22 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,9 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 5,61 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 5,61 = 1,9 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta větráním: } \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 1,9 \cdot 35 = 67 \text{ [W]}$$

$$\text{kde: } \Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: } \Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 69 + 67 = 136 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 4,35 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Zátopový tepelný výkon: } \Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 4,35 \cdot 22 = 95 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhový tepelný výkon: } \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 69 + 67 + 95 = \underline{\underline{231 \text{ [W]}}}$$

Výpočet tepelných ztrát pro: POKOJ

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(2,85 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,9088 \cdot 1 + 0 \cdot (20 - 15) = 26,25 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 23,64 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(2,85 \cdot 2,58) - (0,88 \cdot 1,25)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0 \cdot 35 = 34,73 \text{ [W]}$

okno: $H_{T,ie} = ((0,88 \cdot 1,25) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 53,9 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$...nebot' $\Delta t = 0$

sever: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$...nebot' $\Delta t = 0$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$H_{T,ij} = (8,27 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 3) = 38,04 \text{ [W]}$

c) Podlaha = plovoucí $U = 0,3474 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,42 \text{ [-]}$$

$$A_k = 8,27 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,42 \cdot 8,27 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 35 = 44 \text{ [W]}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 220 \text{ [W]}$$

Korekce přírážkami p_1, p_2, p_3 : $Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 220 \cdot (1 + 0,02 + 0 + 0,05) = 235 \text{ [W]}$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{220}{46,21 \cdot (20 + 15)} = 0,0204$$

$$p_2 = 0; \quad p_3 = 0,05; \quad \sum S = 46,21 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 8,27 \cdot 2,58 = 21,33 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 21,33 = 10,66 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 21,33 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 1,71 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 10,66 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 10,66 = 3,62 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 3,62 \cdot 35 = 126,85 = 127 \text{ [W]}$

kde: $\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 235 + 127 = 362 \text{ [W]}$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 8,27 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 8,27 \cdot 22 = 181,9 = 182 \text{ [W]}$

Návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 235 + 127 + 182 = \underline{\underline{544 \text{ [W]}}}$

Výpočet tepelných ztrát pro: DĚTSKÝ POKOJ

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((3,1 \cdot 2,58) \cdot 0,4977 \cdot 1 + 0) \cdot 4 = 15,92 = 16 \text{ [W]} \dots\dots\dots \text{TEPELNÝ ZISK}$

východ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((3,1 \cdot 2,58) - (0,88 \cdot 1,25)) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot 35 = 38,31 = 38 \text{ [W]}$

okno: $H_{T,ie} = ((0,88 \cdot 1,25) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 53,9 = 54 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((1,25 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)) \cdot 0,6432 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 5,3 = 5 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 14,18 = 14 \text{ [W]}$

sever: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((4,2 \cdot 2,58) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 8,59 = 9 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (13,2 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 3) = 60,72 = 61 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = plovoucí $U = 0,3474 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,42 \text{ [-]}$$

$$A_k = 13,2 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,42 \cdot 13,2 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 35 = 70 \text{ [W]}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} - \text{TEPELNÝ ZISK} = 235 \text{ [W]}$$

Korekce přírážkami p_1, p_2, p_3 : $Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 235 \cdot (1 + 0,0157 + 0,05) = 250 \text{ [W]}$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{235}{64 \cdot (20 + 15)} = 0,0157$$

$$p_2 = 0; \quad p_3 = 0,05; \quad \sum S = 64 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 13,02 \cdot 2,58 = 33,59 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 33,59 = 16,8 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot \dot{V}_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 33,59 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 2,69 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 16,8 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 16,8 = 5,7 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 5,7 \cdot 35 = 200 \text{ [W]}$

kde: $\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 250 + 200 = 450 \text{ [W]}$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 13,02 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 13,02 \cdot 22 = 286,44 = 286 \text{ [W]}$

Návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 250 + 200 + 286 = \underline{\underline{736 \text{ [W]}}}$

Výpočet tepelných ztrát pro: GARÁŽ

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{300}$ $U = 0,1780 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(3,7 \cdot 2,58) - (2,9 \cdot 2,22)] \cdot 0,178 \cdot 1 + 0 \cdot (15 + 15) = 16,6 = 17 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ie} = ((2,9 \cdot 2,22) \cdot 3,5 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 15) = 676 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{300}$ $U = 0,1780 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((3,7 \cdot 2,58) \cdot 0,178 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 15) = 51 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed' 1/2: $H_{T,ij} = ((1,625 \cdot 2,58) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot 9 = 6 \text{ [W]}$

zed' 2/2: $H_{T,ij} = ((4,376 \cdot 2,58) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 9 \text{ [W]}$

sever: $\boxed{300}$ $U = 0,1780 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(6 \cdot 2,58) - 2 \cdot (1,4 \cdot 0,75)] \cdot 0,178 \cdot 1 + 0 \cdot (15+15) = 71,45 = 71 \text{ [W]}$

okna: $H_{T,ie} = (2 \cdot (1,4 \cdot 0,75) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (15+15) = 88,2 = 88 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (22,2 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 3) = 79,92 = 80 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{15 - 5,2}{15 + 15} = 0,33 \text{ [-]}$$

$$A_k = 22,2 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,398 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,33 \cdot 22,2 \cdot 0,398 \cdot 1) \cdot 30 = 127 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta prostupem: } \Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 1095 \text{ [W]}$$

Korekce přírážkami p_1, p_2, p_3 :

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 1095 \cdot (1 + 0,058 + 0 + 0,05) = 1213,3 = 1213 \text{ [W]}$$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{1095}{94 \cdot (15 + 15)} = 0,058$$

$$p_2 = 0; p_3 = 0,05; \sum S = 94 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 22,2 \cdot 2,58 = 57,28 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 57,28 = 28,64 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 57,28 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 4,58 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 28,64 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 28,64 = 9,7 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta větráním: } \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 9,7 \cdot 30 = 292 \text{ [W]}$$

$$\text{kde: } \Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: } \Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 1213 + 292 = 1505 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 22,2 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Zátopový tepelný výkon: } \Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 22,2 \cdot 22 = 488,4 = 488 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhový tepelný výkon: } \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 1213 + 292 + 488 = \underline{\underline{1993 \text{ [W]}}}$$

Výpočet tepelných ztrát pro: KOUPELNA

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((3,1 \cdot 2,58) \cdot 0,4977 \cdot 1 + 0) \cdot (24-15) = 35,82 = 36 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((3,1 \cdot 2,58) \cdot 0,4977 \cdot 1 + 0) \cdot (24-20) = 15,92 = 16 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((2,9 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)) \cdot 0,6432 \cdot 1 + 0) \cdot (24 - 15) = 34 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (24 - 15) = 24,53 = 26 \text{ [W]}$

sever: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

okno: $H_{T,ie} = ((1 \cdot 0,75) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (24+15) = 40,95 = 41 \text{ [W]}$

zed': $H_{T,ij} = ((1,82 \cdot 2,58) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (24 - 15) = 6,72 = 7 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (8,99 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (24 + 3) = 48,54 = 49 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{24 - 5,2}{24 + 15} = 0,482 \text{ [-]}$$

$$A_k = 8,99 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,48 \cdot 8,99 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 39 = 61 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta prostupem: } \Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 270 \text{ [W]}$$

$$\text{Korekce přírážkami } p_1, p_2, p_3: Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 270 \cdot (1 + 0,02 + 0 + 0,1) = 302 \text{ [W]}$$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{270}{48,94 \cdot 39} = 0,0212 = 0,02$$

$$p_2 = 0; p_3 = 0,1$$

$$\sum S = 48,94 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 1,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 8,99 \cdot 2,58 = 23,19 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 1,5 \cdot 23,19 = 34,79 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot \dot{V}_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 23,19 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 1,85 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 34,79 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 34,79 = 11,8286 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta větráním: } \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 11,8286 \cdot 39 = 461,31 = 461 \text{ [W]}$$

$$\text{kde: } \Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 39 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: } \Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 302 + 461 = 763 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 8,99 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Zátopový tepelný výkon: } \Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 8,99 \cdot 22 = 197,78 = 198 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhový tepelný výkon: } \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 302 + 461 + 198 = \underline{\underline{961 \text{ [W]}}}$$

Výpočet tepelných ztrát pro: KOMORA

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]} \quad \dots \text{nebot' } \Delta t = 0$$

východ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((3,1 \cdot 2,58) \cdot 0,4977 \cdot 1 + 0) \cdot (4) = 15,92 = 16 \text{ [W]} \dots \dots \dots$ TEPELNÝ ZISK

jih: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]} \quad \dots \text{nebot' } \Delta t = 0$$

sever: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((1,35 \cdot 2,58) - (0,6 \cdot 0,75)) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (15+15) = 14,4 = 14 \text{ [W]}$

okno: $H_{T,ie} = ((0,6 \cdot 0,75) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (15+15) = 18,9 = 19 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (2,57 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 3) = 9,25 = 9 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{15 - 5,2}{15 + 15} = 0,33 \text{ [-]}$$

$$A_k = 2,57 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,33 \cdot 2,57 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 30 = 9,2 = 9 \text{ [W]}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} - \text{TEPELNÉ ZISKY} = 14 + 19 + 9 + 9 - 16 = 35 \text{ [W]}$$

Korekce přírážkami p_1, p_2, p_3 : $Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 35 \cdot (1 + 0,1 + 0 + 0,0044) = 39 \text{ [W]}$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{35}{28,1 \cdot (15 + 15)} = 0,0044$$

$$p_2 = 0; p_3 = 0,1 \\ \sum S = 28,1 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 2,57 \cdot 2,58 = 6,63 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 6,63 = 3,31 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 6,63 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,53 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 3,31 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 3,31 = 1,1 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 1,1 \cdot 30 = 33 \text{ [W]}$

kde: $\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 35 + 33 = 68 \text{ [W]}$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 2,57 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 2,57 \cdot 22 = 56,54 = 57 \text{ [W]}$

Návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 39 + 33 + 57 = \underline{\underline{129 \text{ [W]}}}$

Výpočet tepelných ztrát pro: PŘEDSÍŇ

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(3,1 \cdot 2,58) - (0,9 \cdot 2)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 15) = 29,5 = 30 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ie} = ((0,9 \cdot 2) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 15) = 97,2 = 98 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$...nebot' $\Delta t = 0$

jih: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$...nebot' $\Delta t = 0$

sever: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(1,9 \cdot 2,58) - (0,6 \cdot 0,75)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (15+15) = 21,19 = 21 \text{ [W]}$

okno: $H_{T,ie} = ((0,6 \cdot 0,75) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (15+15) = 18,9 = 19 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$H_{T,ij} = (5,86 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 3) = 21 \text{ [W]}$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{15 - 5,2}{15 + 15} = 0,33 \text{ [-]}$$

$$A_k = 5,86 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,33 \cdot 5,89 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 30 = 21 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta prostupem: } \Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 210 \text{ [W]}$$

$$\text{Korekce přírážkami } p_1, p_2, p_3: Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 210 \cdot (1 + 0,1 + 0 + 0,0279) = 237 \text{ [W]}$$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{210}{37,52 \cdot (15 + 15)} = 0,0279$$

$$p_2 = 0; p_3 = 0,1 \\ \sum S = 37,52 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 5,89 \cdot 2,58 = 15,2 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 15,2 = 7,6 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 15,2 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 1,21 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 7,6 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 7,6 = 2,6 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta větráním: } \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 2,6 \cdot 30 = 78 \text{ [W]}$$

$$\text{kde: } \Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: } \Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 237 + 78 = 315 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 5,89 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Zátopový tepelný výkon: } \Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 5,89 \cdot 22 = 129,58 = 130 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhový tepelný výkon: } \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 237 + 78 + 130 = \underline{\underline{445 \text{ [W]}}}$$

Výpočet tepelných ztrát pro: SPÍŽ

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((1,175 \cdot 2,58) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 15) = 14,43 = 14 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$...neboť $\Delta t = 0$

jih: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((1,8 \cdot 2,58) \cdot 0,9088 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 21,10 = 21 \text{ [W]}$... TEPELNÝ ZISK

sever: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = ((1,8 \cdot 2,58) - (0,6 \cdot 0,75)) \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 15) = 19,97 = 20 \text{ [W]}$

okno: $H_{T,ie} = ((0,6 \cdot 0,75) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 15) = 18,9 = 19 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$H_{T,ij} = (2,11 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 3) = 7,59 = 8 \text{ [W]}$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{15 - 5,2}{15 + 15} = 0,33 \text{ [-]}$$

$$A_k = 2,11 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,33 \cdot 2,11 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 30 = 7,6 = 8 \text{ [W]}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} - \text{TEPELNÉ ZISKY} = 14 + 20 + 19 + 8 + 8 - 21 = 48 \text{ [W]}$$

Korekce přírážkami p_1, p_2, p_3 : $Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 48 \cdot (1 + 0,1 + 0 + 0,0122) = 53 \text{ [W]}$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{48}{19,57 \cdot (15 + 15)} = 0,01226$$

$$p_2 = 0; p_3 = 0,1; \sum S = 19,57 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 2,11 \cdot 2,58 = 5,44 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 5,44 = 2,72 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot \dot{V}_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 5,44 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,44 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 2,72 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 2,72 = 0,9248 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 0,92 \cdot 30 = 27,7 = 28 \text{ [W]}$

kde: $\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 53 + 28 = 81 \text{ [W]}$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 2,11 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 2,11 \cdot 22 = 46,42 = 46 \text{ [W]}$

Návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 53 + 28 + 46 = \underline{\underline{127 \text{ [W]}}}$

Výpočet tepelných ztrát pro: PRACOVNA

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(2,2 \cdot 2,58) - (1,2 \cdot 1,25)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0 \cdot (20 + 15) = 23,2 = 23 \text{ [W]}$

okno: $H_{T,ie} = ((1,2 \cdot 1,25) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 15) = 73,5 = 74 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$...neboť $\Delta t = 0$

jih: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$...neboť $\Delta t = 0$

sever: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(3 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,9088 \cdot 1 + 0 \cdot (20 - 15) = 28 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 14,18 = 14 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$H_{T,ij} = (6,05 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 3) = 21,78 = 22 \text{ [W]}$

c) Podlaha = plovoucí $U = 0,3474 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,42 \text{ [-]}$$

$$A_k = 6,05 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,42 \cdot 6,05 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 30 = 28 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta prostupem: } \Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 189 \text{ [W]}$$

$$\text{Korekce přírážkami } p_1, p_2, p_3: Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 189 \cdot (1 + 0,035 + 0 + 0) = 196 \text{ [W]}$$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{189}{22,5 \cdot (20 + 15)} = 0,035$$

$$p_2, p_3 = 0 \\ \sum S = 22,5 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 1,0 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 6,05 \cdot 2,58 = 15,6 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 1 \cdot 15,6 = 15,6 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 6,05 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,484 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 15,6 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 15,6 = 5,3 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta větráním: } \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 5,3 \cdot 35 = 185,5 = 186 \text{ [W]}$$

$$\text{kde: } \Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: } \Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 196 + 186 = 382 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 6,05 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Zátopový tepelný výkon: } \Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 6,05 \cdot 22 = 133,1 = 133 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhový tepelný výkon: } \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 196 + 186 + 133 = \underline{\underline{515 \text{ [W]}}}$$

Výpočet tepelných ztrát pro: OBÝVACÍ POKOJ

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(4,5 \cdot 2,58) - 2 \cdot (1,2 \cdot 1,25)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0 \cdot (20+15) = 48 \text{ [W]}$

okna: $H_{T,ie} = (2 \cdot (1,2 \cdot 1,25) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (20+15) = 147 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(2,2 \cdot 2,58) - (2 \cdot 0,85)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0 \cdot (20+15) = 22 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ie} = ((2 \cdot 0,85) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20+15) = 101 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(5,55 \cdot 2,58) - 2 \cdot (1,2 \cdot 1,25)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0 \cdot (20+15) = 63 \text{ [W]}$

okna: $H_{T,ie} = (2 \cdot (1,2 \cdot 1,25) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot (20+15) = 147 \text{ [W]}$

sever: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(1,2 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,4977 \cdot 1 + 0 \cdot (20 - 15) = 4 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20 - 15) = 14 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (25,92 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 3) = 119 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = plovoucí $U = 0,3474 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,42 \text{ [-]}$$

$$A_k = 25,92 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,42 \cdot 25,92 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 35 = 138 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta prostupem: } \Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 803 \text{ [W]}$$

$$\text{Korekce přírážkami } p_1, p_2, p_3: Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 803 \cdot (1 + 0,0298 + 0 + 0) = 828 \text{ [W]}$$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{803}{115,6 \cdot (20 + 15)} = 0,0298 ; p_2 = 0 ; p_3 = 0 ; \sum S = 115,6 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 25,92 \cdot 2,58 = 66,87 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 66,87 = 33,43 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 66,87 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 5,35 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 33,43 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 33,43 = 11,37 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta větráním: } \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 11,37 \cdot 35 = 398 \text{ [W]}$$

$$\text{kde: } \Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: } \Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 828 + 398 = 1226 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 25,92 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Zátopový tepelný výkon: } \Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 25,92 \cdot 22 = 570 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhový tepelný výkon: } \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 828 + 398 + 570 = \underline{\underline{1796 \text{ [W]}}}$$

Výpočet tepelných ztrát pro: KUCHYŇ

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ:

$$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$$

východ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

$$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]} \quad \dots \text{nebot' } \Delta t = 0$$

jih: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(2,81 \cdot 2,58) - (2 \cdot 0,85)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0 \cdot (20+15) = 31 \text{ [W]}$

dveře: $H_{T,ie} = ((2 \cdot 0,85) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20+15) = 101 \text{ [W]}$

sever: $\boxed{250}$ $U = 0,4058 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(2,4 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 0,75)] \cdot 0,4058 \cdot 1 + 0 \cdot 5 = 11 \text{ [W]}$

okno: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 0,75) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 4 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (15,77 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 3) = 73 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,423 \text{ [-]}$$

$$A_k = 8,99 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,423 \cdot 15,77 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 35 = 85 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta prostupem: } \Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 275 \text{ [W]}$$

$$\text{Korekce přírážkami } p_1, p_2, p_3: Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 275 \cdot (1 + 0,017 + 0 + 0) = 280 \text{ [W]}$$

$$\text{Kde: } p_1 = 0,15 \cdot \frac{Q_o}{\sum S \cdot \Delta t_{\max}} = 0,15 \cdot \frac{275}{70,24 \cdot 35} = 0,017$$

$$p_2 = 0; p_3 = 0$$

$$\sum S = 70,24 \text{ m}^2$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 1,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 15,77 \cdot 2,58 = 40,68 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 1,5 \cdot 40,68 = 61,02 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot \dot{V}_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 40,68 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 3,25 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 61,02 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 61,02 = 20,7468 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

$$\text{Návrhová tepelná ztráta větráním: } \Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 20,7468 \cdot 35 = 726,2 = 726 \text{ [W]}$$

$$\text{kde: } \Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: } \Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 280 + 726 = 1006 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 15,77 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Zátopový tepelný výkon: } \Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 15,77 \cdot 22 = 346,94 = 347 \text{ [W]}$$

$$\text{Návrhový tepelný výkon: } \Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 280 + 726 + 347 = \underline{\underline{1353 \text{ [W]}}}$$

Výpočet tepelných ztrát pro: HALA

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{375}$ $U = 0,1587 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ie} = [(1,45 \cdot 2,58) - (0,6 \cdot 0,75)] \cdot 0,1587 \cdot 1 + 0 \cdot 30 = 16 \text{ [W]}$

okno: $H_{T,ie} = ((0,6 \cdot 0,75) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot 30 = 19 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(2,85 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,9088 \cdot 1 + 0 \cdot 5 = 26 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 24 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

jih: $\boxed{250}$ $U = 0,4058 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(2,5 \cdot 2,58) - 2 \cdot (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,4058 \cdot 1 + 0 \cdot 5 = 8 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

dveře: $H_{T,ij} = (2 \cdot (0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 28 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

$\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((1,74 \cdot 2,58) \cdot 0,9088 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 20 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

dveře: $H_{T,ij} = ((0,6 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 11 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

$\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(1,2 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,6432 \cdot 1 + 0 \cdot 5 = 5 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 3 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 24 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

sever: $\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(2,9 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,6432 \cdot 1 + 0 \cdot 9 = 34 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot 9 = 26 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

$\boxed{150}$ $U = 0,6432 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = [(1,25 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 1,97)] \cdot 0,6432 \cdot 1 + 0 \cdot 5 = 5 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

dveře: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 9 \text{ [W]} \dots$ TEPELNÝ ZISK

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$$H_{T,ij} = (14,52 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 3) = 52 \text{ [W]}$$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{15 - 5,2}{15 + 15} = 0,326 \text{ [-]}$$

$$A_k = 14,52 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,326 \cdot 14,52 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 30 = 51 \text{ [W]}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem:

$$\begin{aligned} \Phi_{T,i} &= H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} \text{] - TEPELNÉ ZISKY} = 138 - 220 = -82 \text{ [W]} \\ &= 82 \text{ [W]} \dots \text{TEPELNÝ ZISK} \end{aligned}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 14,42 \cdot 2,58 = 37,2 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 37,2 = 18,6 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 37,2 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 2,976 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 18,6 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 18,6 = 6,324 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 6,324 \cdot 30 = 190 \text{ [W]}$

kde: $\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = -82 + 190 = 108 \text{ [W]}$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 14,42 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 14,42 \cdot 22 = 317 \text{ [W]}$

Návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = -82 + 190 + 317 = \underline{\underline{425 \text{ [W]}}}$

Výpočet tepelných ztrát pro: PRÁDELNA

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((1,4 \cdot 2,58) \cdot 0,9088 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 16,41 = 16 \text{ [W]} \dots\dots\dots \text{TEPELNÝ ZISK}$

východ: $\boxed{200}$ $U = 0,4977 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]} \dots\dots\dots \text{nebot' } \Delta t = 0$

jih: $\boxed{250}$ $U = 0,4058 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((2,4 \cdot 2,58) - (0,8 \cdot 0,75)) \cdot 0,4058 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 11,34 = 11 \text{ [W]} \dots\dots\dots \text{TEPELNÝ ZISK}$

okno: $H_{T,ij} = ((0,8 \cdot 0,75) \cdot 1,4 \cdot 1 + 0) \cdot 5 = 4,2 = 4 \text{ [W]} \dots\dots\dots \text{TEPELNÝ ZISK}$

sever: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]} \dots\dots\dots \text{nebot' } \Delta t = 0$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$H_{T,ij} = (3,36 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (15 + 3) = 12 \text{ [W]}$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{15 - 5,2}{15 + 15} = 0,33 \text{ [-]}$$

$$A_k = 3,36 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,33 \cdot 3,36 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 30 = 12 \text{ [W]}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} - \text{TEPELNÉ ZISKY} = \\ = 12 + 12 - 16 - 11 - 4 = -7 \text{ [W]} \dots\dots\dots \text{TEPELNÝ ZISK 7 W}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 0,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 3,36 \cdot 2,58 = 8,66 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 0,5 \cdot 8,66 = 4,33 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 8,66 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,69 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 4,33 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 4,33 = 1,47 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 1,47 \cdot 30 = 44,1 = 44 \text{ [W]}$

kde: $\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = -7 + 44 = 37 \text{ [W]}$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 3,36 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 3,36 \cdot 22 = 73,92 = 74 \text{ [W]}$

Návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = -7 + 44 + 74 = \underline{\underline{111 \text{ [W]}}}$

Výpočet tepelných ztrát pro: WC

1. Tepelná ztráta prostupem obvodových zdí

$$e_l = 1$$

$$e_k = 1$$

a) Stěny

západ: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

dveře: $H_{T,ij} = ((0,6 \cdot 1,97) \cdot 1,8 \cdot 1 + 0) \cdot (20-15) = 10,64 = 11 \text{ [W]}$

východ: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((1,4 \cdot 2,58) \cdot 0,9088 \cdot 1 + 0) \cdot (20-15) = 16,41 = 16 \text{ [W]}$

jih: $\boxed{250}$ $U = 0,4058 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$H_{T,ij} = 0 \text{ [W]}$...neboť $\Delta t = 0$

sever: $\boxed{100}$ $U = 0,9088 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

zed': $H_{T,ij} = ((1,74 \cdot 2,58) \cdot 0,9088 \cdot 1 + 0) \cdot (20-15) = 20,39 = 20 \text{ [W]}$

b) Strop $U = 0,2 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ teplota v podkroví: -3°C

$H_{T,ij} = (1,75 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \cdot 1 + 0) \cdot (20 + 3) = 8,05 = 8 \text{ [W]}$

c) Podlaha = dlažba $U = 0,3988 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

$$f_{g1} = 1,45 \text{ [-]}$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} = \frac{20 - 5,2}{20 + 15} = 0,423 \text{ [-]}$$

$$A_k = 1,75 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$U_{\text{equiv},k} = 0,25 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$G_w = 1,00 \text{ [-]}$$

$$H_{T,ig} = \left[f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \right) \cdot G_w \right] \cdot \Delta t = (1,45 \cdot 0,423 \cdot 1,75 \cdot 0,25 \cdot 1) \cdot 35 = 9 \text{ [W]}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij} = 11 + 16 + 20 + 9 = 64 \text{ [W]}$$

2. Tepelná ztráta větráním

$$n_{\min} = 1,5 \text{ [1/h]}$$

$$n_{50} = 4 \text{ [1/h]}$$

$$\varepsilon_i = 1 \text{ [-]}$$

$$e_i = 0,01 \text{ [-]}$$

$$V_i = A \cdot h = 1,75 \cdot 2,58 = 4,515 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i = 1,5 \cdot 4,515 = 6,77 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 4,515 \cdot 4 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,36 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V}_i = \max \left(\dot{V}_{\inf,i}, \dot{V}_{\min,i} \right) = \dot{V}_{\min,i} = 6,77 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot 6,77 = 2,3 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

Návrhová tepelná ztráta větráním: $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot \Delta t = 2,3 \cdot 35 = 80,5 = 81 \text{ [W]}$

kde: $\Delta t = (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) = 35 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 64 + 81 = 145 \text{ [W]}$

2. Tepelná ztráta větráním

$$A_i = 1,75 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$f_{RH} = 22 \text{ [W/ m}^2\text{]}$$

Zátopový tepelný výkon: $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 1,75 \cdot 22 = 38,5 = 39 \text{ [W]}$

Návrhový tepelný výkon: $\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 64 + 81 + 39 = \underline{\underline{184 \text{ [W]}}}$